

УДК 338.4

JEL I11

DOI: <http://doi.org/10.25728/econbull.2020.2.1-archipov>

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКИХ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Архипов Кирилл Владимирович

*Одинцовский филиал МГИМО (МИД) России, Московская обл., Россия
e-mail: arhipov.kirill@gmail.com; SPIN-код: 1689-5800*

Архипова Марина Юрьевна

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Москва, Россия
e-mail: archipova@yandex.ru; SPIN-код: 9293-6844*

Аннотация: В работе рассматриваются современные тенденции развития медицинских биотехнологий в странах мира. Приведены основные понятия и определения биотехнологий, структура и динамика показателей, характеризующих развитие рынка медицинских биотехнологий в странах мира. Значительное внимание уделено обзору литературы по тематике исследования, позволившей изучить тренд мировых научных исследований в данной сфере. Проведенная в работе классификация стран мира по уровню развития биотехнологий позволила выделить группы стран, характеризующихся сходными чертами развития и использования медицинских биотехнологий, а также стратегий создания, заимствования и адаптации технологий. Проведение аналогичных классификаций во времени позволит диагностировать происходящие в странах мира изменения и вовремя принять корректирующие воздействия. Изучение инновационной активности малых и средних российских предприятий позволило выделить ряд благоприятных тенденций, одной из которых является увеличение доли продукции, поставляемой на экспорт малыми предприятиями. Сохранение данной тенденции может лечь в основу роста инновационной активности малых и средних предприятий в области медицинских биотехнологий.

Ключевые слова: биотехнологии, медицинские технологии, инновации, предпринимательство

MODERN TRENDS OF DEVELOPMENT OF MEDICAL BIOTECHNOLOGIES

Arkhipov Kirill Vladimirovich

*Odintsovo MGIMO campus, the Moscow region, Russia
e-mail: arhipov.kirill@gmail.com; SPIN code: 1689-5800*

Arkhipova Marina Yurievna

*National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia
e-mail: archipova@yandex.ru; SPIN: 9293-6844*

Abstract: The paper examines the modern trends in the development of medical biotechnology in the world. It gives the basic concepts and definitions of biotechnology, the structure and

dynamics of indicators characterizing the development of the medical biotechnology market in the world. Considerable attention is paid to a literature review on the research topic, which made it possible to study the trend of world scientific research in this area. The classification of the countries of the world according to the level of development of biotechnologies carried out in the work made it possible to identify groups of countries characterized by similar features of the development and use of medical biotechnologies, as well as strategies for creating, borrowing and adapting technologies. Carrying out similar classifications in time will allow diagnosing the changes occurring in the countries of the world and taking corrective actions in time. The study of the innovative activity of small and medium-sized Russian enterprises made it possible to identify a number of favorable trends, one of which is an increase in the share of products supplied for export by small enterprises. The continuation of this trend can form the basis for the growth of innovative activity of small and medium-sized enterprises in the field of medical biotechnology.

Key words: biotechnology, medical technology, innovation, entrepreneurship

Введение. Сегодня развитие России и стран мира напрямую зависит от создания и использования инноваций и технологий в перспективных областях, соответствующих тренду мирового развития [1]. Одним из таких направлений развития являются биотехнологии – использование живых клеток и тканей, а также биологических процессов для модификации продуктов и материалов в интересах человека. Важность биотехнологий обеспечивается широкой сферой их применения: от защиты окружающей среды, инноваций в животноводстве и сельском хозяйстве до революционных методов диагностики и лечения. Если в первом десятилетии XXI в. большую часть рынка биотехнологий составляли новые технологии и решения в агропромышленной сфере, то сейчас активно растет рынок медицинских биотехнологий. С их помощью предотвращаются и лечатся многочисленные инфекционные заболевания, диабет, ВИЧ, туберкулез, разные виды рака, склероз, сердечные заболевания. Ученые ищут способы диагностики и лечения генетических болезней с помощью технологии CRISPR/Cas9. Благодаря биотехнологиям диагностика редких и трудно выявляемых заболеваний, которая раньше занимала много времени и проводилась на дорогом оборудовании, теперь проводится с помощью дешевых и портативных наборов. Появилась возможность проводить массовый скрининг населения для выявления болезней, вероятность возникновения которых растет с возрастом. Значительно расширились методы диагностики заболеваний у новорожденных, а также проводится анализ генома будущих родителей для исключения возможности передачи генетических заболеваний.

Несомненно, такая революция в медицине не может не повлиять на качество жизни людей: вакцины искореняют болезни, уносившие человеческие жизни миллионами, и создают коллективный иммунитет, биотехнологии решают проблему синтеза таких важных веществ, как инсулин, помогают преодолеть резистентность бактерий к антибиотикам, следовательно, растет продолжительность жизни и ее качество. Кроме того, биотехнологии влияют на жизнь людей не только напрямую: медицинские технологии также являются привлекательной сферой для инвестиций, рынок биотехнологий растет, оказывая влияние на экономику страны в целом. Этим определяется актуальность изучения и моделирования развития биотехнологий.

Терминологический аппарат исследования. Биотехнологии – это одна из

недавно возникших областей знаний, начало которому положило открытие двойной спирали ДНК командой Уотсона, Крика и Франклин в 1953 г. Отдельные исследования проводились и ранее, а также были получены и введены в употребление некоторые технологии в медицине, теперь причисляемые к биотехнологиям, например, вакцины и антибиотики. Однако только после открытия соединения, хранящего в себе информацию о генах живых существ, стала возможна работа не «вслепую». С тех пор рынок биотехнологий пережил настоящий бум. Однако, несмотря на быстрое развитие биотехнологий, окончательное определение и единый терминологический инструментарий для их учета еще не выработан. Рассмотрим основные понятия и определения биотехнологий, которые в настоящее время используются мировым сообществом.

Организация экономического развития и сотрудничества (ОЭСР), созданная в 1961 г. для координации проектов и переговоров в области экономики и инноваций, а также для составления рекомендаций, проведения переговоров и сбора статистики, не обошла вниманием такое заметно с точки зрения науки, экономики и уровня жизни явление, как биотехнологии. Первый отчет, суммирующий методологию по сбору и обработке статистической информации, затрагивающей биотехнологии, был выпущен в 2004 г. и назывался «Основы биотехнологической статистики».

В методологии ОЭСР нет разделения на области применения биотехнологий, например, на медицинские, сельскохозяйственные, транспортные и т. д. Вместо этого отчет опирается на концепцию сбора статистики о технологиях и методах, которые могут быть применены в разных областях. Так, технология рекомбинирования ДНК может быть применена для создания крупномолекулярных медицинских веществ, для создания новых плодовых растений в сельском хозяйстве и для создания микроорганизмов, способных производить вещества и полимеры для химической промышленности. Сами биотехнологии ОЭСР определяет, как «применение науки и технологии к живым организмам, а также к их частям, продуктам и их моделям для изменения живых или не живых тканей с целью создания новых знаний, товаров и услуг».

ОЭСР предлагает следующую классификацию биотехнологических методов по тому, как они используются в данный момент:

- изучаемые (фундаментальные или прикладные исследования) и разрабатываемые (экспериментальные разработки);
- коммерциализированные (технологии и знания, которые могут быть проданы или приобретены путем лицензирования различных форм интеллектуальной собственности);
- используемые в разработке продукта или процесса;
- используемые в производстве биотехнологического продукта или услуги;
- итоговые продукты, которые могут быть использованы как организациями и фирмами, так и частными лицами.

Влияние биотехнологий может быть экономическим (снижение стоимости производства, улучшение характеристик продуктов и услуг), социальным (улучшение здоровья и продолжительности жизни) или экологическим (более щадящие производственные процессы).

Биотехнологии с момента начала их активного развития стали одними из самых привлекательных инноваций для государств и частных компаний, так как способны приносить прибыль, привлекать инвестиции, их можно использовать для экспорта, а также для улучшения качества жизни населения. Биотехнологии

увеличивают производительность труда, удешевляют многие расходные материалы, позволяют ускорить процесс выздоровления пациентов благодаря препаратам, сделанным с помощью биотехнологий. Биотехнологии, как и другие инновации, способствуют росту экономики, инвестиционной привлекательности, создают новые рабочие места, увеличивают конкурентоспособность страны на мировом рынке.

Отметим также, что биотехнологии – одна из немногих отраслей науки, которая очень близко сталкивается с этическими вопросами и проблемами: то, что человечество раньше считало подвластным лишь богу или векам эволюции, можно выполнить в лабораторных условиях. Не все из этих экспериментов кажутся обществу этически оправданными, поэтому считается, что государство должно регулировать такого рода исследования: разрешать, запрещать, санкционировать.

Недавним примером того, что такие вопросы насущны и требуют решения, является случай с генетической модификацией двух эмбрионов и последующим рождением детей с измененной ДНК в Китае. Девочки-близнецы искусственным способом приобрели мутацию, которая повышает резистентность организма к инфицированию ВИЧ, что, при кажущейся безобидности, может иметь непредусмотренные нежелательные последствия, поэтому выполнивший эксперимент ученый резко порицается мировым научным сообществом, несмотря на то, что в Китае, в отличие от многих стран, генетическая модификация людей не запрещена. Также показателен запрет во многих странах, в том числе в России, на культивирование генно-модифицированных растений и животных. Человечеству в целом и каждому государству в отдельности, а также сообществу ученых, как наиболее вовлеченным в процесс, необходимо в ближайшее время выработать единый свод правил и допущений, касающихся работы с генно-модифицированными организмами, тканями и клетками, четко определив на ближайшее время то, что делать можно и поощряется, и то, что запрещено. С другой стороны, необходимо понимать, что излишнее регулирование в этой сфере может быть неоправданным и тормозить развитие этой ветви науки и фактически отбирать у человечества блага, которые оно могло бы получить и использовать.

Так как мировое сообщество еще не выработало единого индекса, позволяющего изучать развитие биотехнологий в странах мира, в работе будет представлен широкий спектр показателей, позволяющих изучать структуру и динамику основных показателей, характеризующих развитие биотехнологий.

Обзор литературы по тематике исследования. Исследование биотехнологий как с теоретической, так и с практической точек зрения еще не нашло достаточного обсуждения среди исследователей. Во многом это связано как с достаточной молодостью самого направления, так и недостатком данных для проведения полномасштабных исследований и моделирования. Многие из работ по большей части носят обзорный характер или очень ограничены по выборке и применяемым эконометрическим инструментам.

В статье «Эволюция биотехнологии и ее влияние на здравоохранение» [2] обсуждается эволюция биотехнологии и проводится анализ ее влияния на здравоохранение через четыре параллельных, но взаимосвязанных направления: инновации в науке, государственная деятельность, развитие бизнеса и здравоохранение. Авторы рассмотрели изменения, происходившие в этих сферах в течение трех десятилетних периодов: 1980-х, 1990-х и 2000-х гг. до первой половины 2014 г. В результате проведения анализа было показано, что число биотехнологических компаний демонстрирует резкий рост, который

сопровождается ростом зарегистрированных патентов на фармацевтические препараты, созданные этими компаниями.

За рассматриваемый период структура рынков биотехнологической медицины претерпела изменения. Большую часть рынка захватили такие крупные гиганты, как Sanofi, Roche и Novartis, которые заменили превалирующие на рынке 15 лет назад стартапы, фокусирующиеся преимущественно на производстве коммерческих биотехнологических лекарств. Произошло это потому, что, хотя биотехнологическая сфера имеет высокие доходы, она также связана с высоким риском и длительными производственными циклами, что не всегда по силам малым и средним предприятиям.

Влияние биотехнологий на здравоохранение в последние годы значительно усилилось. Так, например, новые вакцины способны предотвращать различные заболевания, включая даже некоторые виды рака. Большая часть нововведений, сделанных в 1980-х гг. в сфере здравоохранения, сфокусирована на эндокринных заболеваниях и заболеваниях крови, в 1990-х гг. фокус сместился на разработку таких изобретений, как моноклональные антитела, лечение гемофилии и синтетические \ полимерные препараты. В 2000-х гг. произошел прорыв в области хронических расстройств и лечения рака, что позволило снизить стоимость некоторых видов лечения и увеличить их доступность, а также снизить нагрузку на национальные системы здравоохранения.

В исследовании [3] представлен обзор литературы по исследованиям в области биотехнологий и их влияния на долголетие и здоровье американцев и других групп населения за десять лет. Автор суммирует исследования о влиянии продуктов биомедицины на такие показатели уровня жизни, как средняя продолжительность жизни и удовлетворенность ей. Резюмируя проведенный обзор, автор выделяет заинтересованность авторов инновационной активностью в сфере фармацевтики, что объясняет доступностью информации. Обзор проведенных в исследованиях моделей для развитых стран мира показал, что использование биомедицинских технологий оказывало положительное влияние на здоровье респондентов. Также в некоторых статьях исследовалось влияние биомедицинских инноваций на некоторые основные заболевания, такие как сердечно-сосудистые заболевания и рак. Таким образом, автор утверждает, что исследования, которые он рассмотрел, подтверждают гипотезу о том, что значительная часть недавних достижений в росте продолжительности жизни и здравоохранении обусловлена биомедицинскими исследованиями и инновациями. Также он упоминает, что было бы желательно применить эти методы к данным для развивающихся стран.

В статье [4] автор рассказывает об изобретениях в области биотехнологических наук, которые оказали влияние на развитие вакцин, диагностических методик, производство гормонов, лечение рака и других болезней. В статье также дается объяснение тому, как каждое конкретное изобретение и открытие, полученное в лаборатории, использовано для целей улучшения жизни пациентов. В частности, например, регуляция экспрессии специфических генов повлияла на понимание развития рака и иммунопатологических заболеваний. Еще большее влияние оказало производство новых терапевтических молекул. Цитокины были получены с помощью технологии рекомбинантных ДНК и признаны эффективными в лечении рака и инфекционных заболеваний. Были получены высококачественные фармацевтические молекулы, которые могут существенно регулировать функцию

клеток. Таким образом, это исследование, хотя и не дает никаких методологических руководств, является ключом к пониманию превращения биотехнологических исследований и их результатов в действующие технологии.

Вакцины, пожалуй, сейчас являются одной из самых мощно развивающихся и приносящих пользу ответвлений медицинской биотехнологии. С помощью вакцин было искоренено множество заболеваний, однако некоторые все еще ставят под сомнение эффективность этих процедур. Исследование [5] дает статистическое обоснование тому, что вакцинация была и остается безусловным благом для человечества. Основными вопросами являются: относительное влияние питания и инфекционных заболеваний на демографические структуры населения; вероятность того, что жизни, спасенные благодаря вакцинации, в последствии будут потеряны из-за других конкурирующих причин смерти; положительный косвенный эффект иммунизации от других причин смерти. Некоторые данные из Соединенного Королевства и скандинавских стран показывают, что широкое использование вакцинации против оспы, начавшееся в начале XIX в., привело к заметному и устойчивому снижению не только случаев смерти от оспы, но и общего уровня смертности, и в значительной степени способствовало беспрецедентному росту населения Европы. Сейчас ежегодно вакцины спасают 3 млн. детей от инфекционных заболеваний, но еще 2 млн. умирают из-за того, что до них вакцинация пока не добралась. Автор предлагает модели развития событий в развивающихся странах, таких, как Бангладеш, и прогнозирует снижение смертности с ростом охвата населения вакцинацией.

То, что сегодня биотехнологии меняют мир, уже давно не неожиданное заявление, однако чаще рассматривают влияние медицинских биотехнологий непосредственно на здоровье и качество жизни пациентов, в то время как фармакологические компании, использующие биотехнологические инновации в коммерческих целях, уже давно стали заметной на рынке силой. Этот аспект действия биотехнологий рассматривается в статье [4]. Прямые воздействия биотехнологии включают такие очевидные плюсы, как расходы на исследования и разработки (НИОКР), сложные рабочие места и налоговые поступления. Биотехнологические компании уже появились во многих странах. Менее заметны косвенные эффекты, которые включают повышение качества жизни и уровня жизни, обусловленное более быстрым ростом производительности труда, улучшением продуктов и услуг здравоохранения и более чистой окружающей средой. Важные открытия и новые разработки ознаменовали раннюю историю биотехнологий. Эти достижения, стимулируемые государственным финансированием и рыночными стимулами, вызвали повышенный интерес и устойчивую исследовательскую деятельность. Нынешний рынок характеризуется интенсивной конкуренцией, а также сотрудничеством между государственными и частными компаниями и заинтересованными сторонами.

Система показателей медицинских биотехнологий. Проведенный обзор литературы позволил выявить показатели, которые использовались авторами для анализа развития биотехнологий в области медицины. Авторы статей выделяли такие переменные, как: уровень вакцинации; потребление продуктов и услуг, связанных с биотехнологиями; количество компаний в отрасли; финансовые показатели биотехнологических компаний; оценки пациентами биотехнологических продуктов питания; частные инвестиции в сферу биотехнологий; государственные расходы на НИОКР в области биотехнологий; количество патентов в отрасли и др. Приведем список показателей, объединенных

в пять укрупненных групп, которые были отобраны для решения исследовательской задачи:

1. Охват детей до 2 лет вакцинацией (% , данные Всемирного банка за 2015 г.). Охват вакцинацией населения, особенно детей – важный и базовый показатель работы системы здравоохранения. Кроме того, вакцины являются одной из первых медицинских биотехнологий, получившей широкое распространение.

2. Число выданных патентов в области медицинских технологий и биотехнологий (ед., данные ОЭСР). Важность данной группы показателей объясняется тем, что патентная активность в какой-либо сфере может свидетельствовать об инновационной активности и о возможном технологическом развитии данного направления [6]. В группу входят два показателя.

3. Импорт и экспорт медикаментов, отвечающих за вовлеченность в мировую торговлю продуктами, произведенных с помощью биотехнологий (данные международной торговли ООН). В третью группу показателей вошли: импорт антибиотиков, экспорт антибиотиков, импорт других медикаментов (произведенных с помощью методов биотехнологии, кроме антибиотиков) и экспорт других медикаментов (произведенных с помощью методов биотехнологии, кроме антибиотиков). Также изучение торговых потоков помогает косвенно отследить производителей соответствующей группы лекарств и их потребителей, изучить структуру спроса и потребления медикаментов.

4. Количество фирм, занятых в секторе биотехнологий (данные ОЭСР). Данный показатель входит в группу рекомендованных ОЭСР к рассмотрению показателей, необходимых для проведения исследований в сфере биотехнологий. Большинство таких компаний занимаются предоставлением товаров и услуг, связанных с медицинскими биотехнологиями, то есть, делая их доступными для населения. Сегодня во многих странах возможно пройти разнообразные скрининги, сдать анализы и провести медицинские манипуляции с использованием технологий и методов медицинских биотехнологий

5. Затраты бизнеса на НИОКР в области биотехнологий и затраты государства на инвестиции в НИОКР (данные ОЭСР). В данную группу вошли показатели, позволяющие изучать интерес и готовность инвесторов со стороны частных компаний и государственных институтов вкладывать деньги в развитие биотехнологий.

Структура и динамика «пускателей» медицинских биотехнологий в мире. Прежде чем перейти к описанию структуры и динамики основных показателей сферы биотехнологий отметим сложность поиска объективных данных. Наиболее доступными с точки зрения открытости информации и широты охвата являются медицинские биотехнологии. Поэтому в своем исследовании мы сосредоточились именно на этом направлении биотехнологий. Также мы исходили из предположения, что медицинские биотехнологии в настоящее время признаны наиболее прибыльной, широко используемой и быстро развивающейся отраслью внутри широкого спектра других биотехнологий. Отметим также трудности сбора информации по странам мира, т. к. часть показателей доступных в одной стране, закрыта или не собирается в другой. Это происходит из-за того, что в некоторых странах, например, в Китае, государственные инвестиции, преимущественно привлекаемые в сферу биотехнологий, не публикуется в свободном доступе в целях защиты информации. Поэтому в работе мы будем предполагать, что в странах, по которым данные недоступны, развитие сферы происходит в соответствии с паттернами и трендами, наблюдаемыми в остальной части мира.

Рассмотрим общую динамику инвестиций в развитие биотехнологий (рис. 1). Анализ рисунка показывает, что развитие биотехнологий в течение десяти лет (с 2007 по 2016 гг.) увеличивается с темпом роста около 10% в год, если не считать спада 2008–2009 гг., который был обусловлен резким ухудшением инвестиционного климата в связи с мировым кризисом.

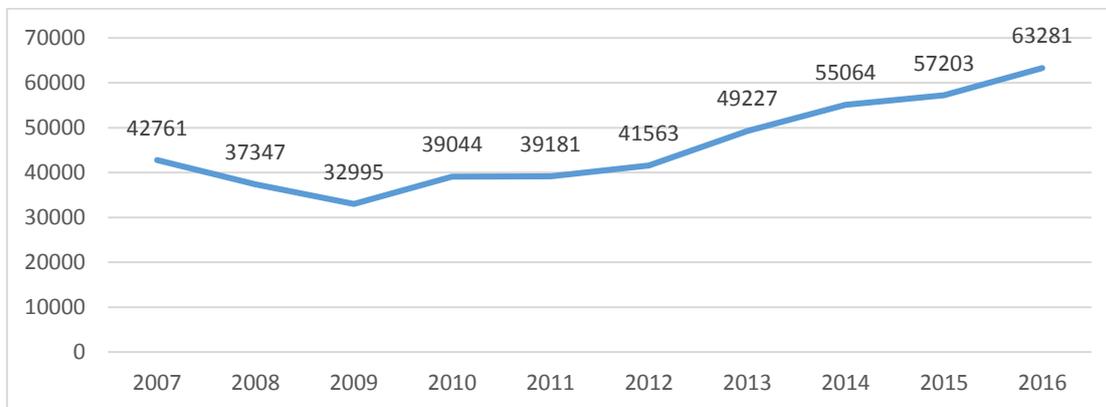


Рис. 1. Инвестиции в исследования биотехнологий, 2007–2016 год, млн. долл. (Источник: ОЭСР)

Главную роль в развитии биотехнологий в данный момент играют развитые страны – страны с очень высоким Индексом человеческого развития (ИЧР). Наиболее активно биотехнологии развиваются в США и Японии, которые и сейчас остаются лидерами как по количеству инвестиций в сферу, так и по числу компаний, занимающихся биотехнологиями, проводимых исследований и полученных патентов. Страны с высоким ИЧР понемногу включаются в сферу, присоединяясь к существующим компаниям и лабораториям в других странах для совместных исследований. Страны со средним и низким ИЧР вряд ли смогут в ближайшее время догнать лидеров по качеству и объему исследований и получаемой от деятельности прибыли, учитывая, что в ближайшее время страны-лидеры собираются сделать упор на дальнейшее развитие биотехнологий и нарастить объем инвестиций.

Подтверждением сделанных выводов является патентная активность стран мира в сфере биотехнологий (рис. 2). На долю двух стран, США и Японии, приходится около 60 % всех мировых патентов в области биотехнологий. На 3-м месте – Южная Корея с показателем 10% мировой патентной активности. Далее следует Германия – около 8%. Доли других стран не превышают 5% мировой патентной активности.

На данный момент самыми широко используемыми продуктами, созданными в сфере медицинских биотехнологий, являются антибиотики. Человечеству постоянно приходится наращивать объем производства и потребления антибиотиков, исследования идут без остановки, постоянно ищутся новые вещества и способы их синтезировать. Это связано, с одной стороны с тем, что антибиотики становятся все более распространенными, в том числе среди населения бедных стран.

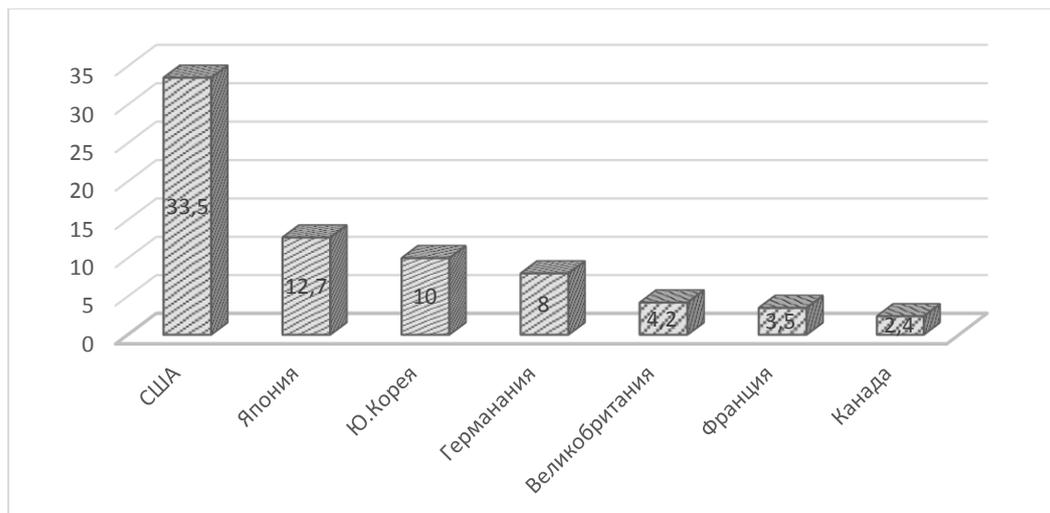


Рис. 2. Первые семь стран, ранжированные по доле выданных патентов, связанных с биотехнологиями, 2014 (Источник: ОЭСР)

С другой стороны, распространение антибиотиков и их зачастую непрофессиональное применение приводит к тому, что бактерии, скорость эволюции которых намного превышает скорость эволюции других живых существ, мутируют и становятся невосприимчивы к антибиотикам. Так возникла одна из самых больших медицинских проблем современности – супербактерии или бактерии с множественной лекарственной устойчивостью. Из-за этого феномена ученым приходится изобретать новые способы борьбы с бактериями в поисках препаратов для борьбы с устойчивыми штаммами бактерий.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) уделяет этой проблеме первостепенное значение. Согласно данным ВОЗ, употребление антибиотиков с 2000 по 2015 гг. выросло на 65%, причем основной рост потребления зафиксирован в странах со средним и низким уровнем жизни населения.

Рассмотрим динамику экспорта и импорта антибиотиков (рис. 3, 4). Анализ рис. 3 и 4 позволяет увидеть, что лидерами экспорта антибиотиков в настоящее время являются страны с высоким ИЧР, импорт в страны третьего мира растет, а в развитые страны – снижается. Общий объем экспорта и импорта до 2012 г. увеличивался. Некоторое замедление темпов роста связано с устойчивостью бактерий к современным антибиотикам и рядом запретительных мер со стороны государств на их ввоз (замена антибиотиков на другие лекарства).

То, что касается другого распространенного продукта сферы медицинских биотехнологий – прививок – наблюдается похожий тренд. Создаются вакцины от всех новых болезней, уровень вакцинации в развивающихся странах растет, в то время как в развитых странах набирает популярность движение противников вакцинации и, соответственно, уровень вакцинации снижается. Такое течение может иметь серьезные негативные последствия, поэтому врачи и исследователи здоровья и здравоохранения населения настаивают на законодательном регулировании прививок и отказа от них.

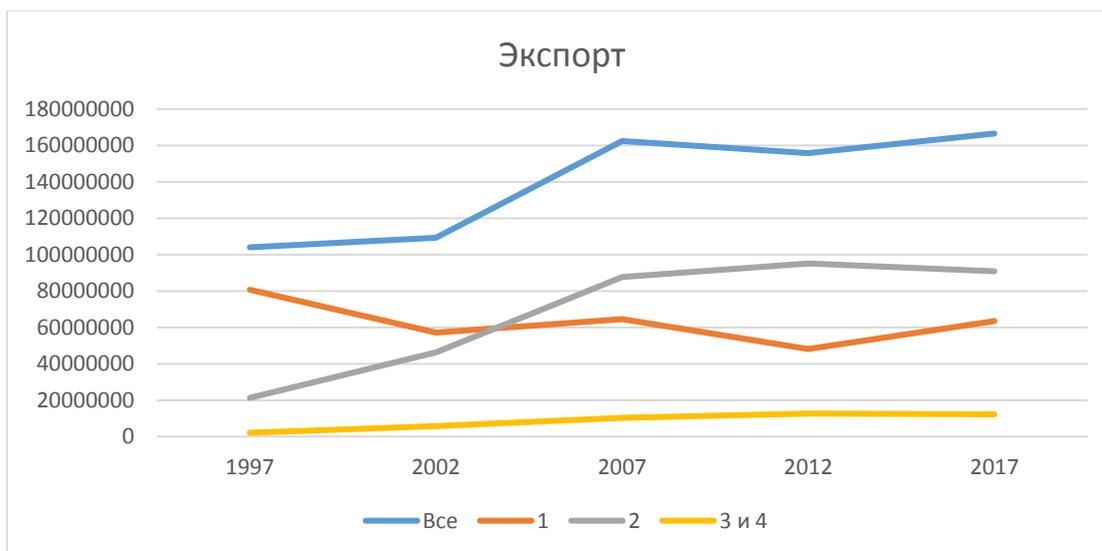


Рис. 3. Динамика экспорта антибиотиков за период с 1997 по 2017 гг.:
 1 – страны с очень высоким ИЧР; 2 – страны с высоким ИЧР;
 3 – страны со средним ИЧР; 4 – страны с низким ИЧР, (Источник: ВОЗ)

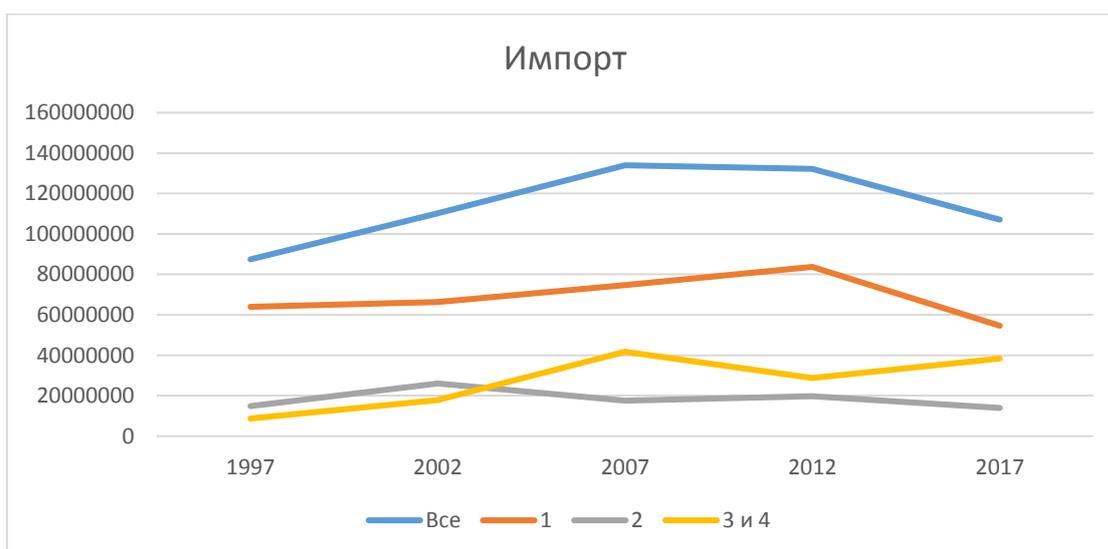


Рис. 4. Динамика импорта антибиотиков за период с 1997 по 2017 гг.:
 1 – страны с очень высоким ИЧР; 2 – с высоким ИЧР;
 3 – страны со средним ИЧР; 4 – страны с низким ИЧР, (Источник: ВОЗ)

Классификация стран мира по уровню развития медицинских биотехнологий. Для классификации стран мира по уровню развития медицинских биотехнологий использовались данные по 82 странам мира, обследованным по 10 показателям. Среди них показатели, характеризующие такие аспекты, как активность в сфере биотехнологий и уровень жизни населения:

- x_1 – охват детей до 2 лет вакцинацией, %;
- x_2 – патенты в сфере медицинских технологий (единиц);
- x_3 – патенты в сфере биотехнологий (единиц);
- x_4 – импорт антибиотиков (логарифм);
- x_5 – экспорт антибиотиков (логарифм);

x_6 – импорт других медикаментов, произведенных с помощью методов биотехнологии, кроме антибиотиков (логарифм);

x_7 – экспорт других медикаментов, произведенных с помощью методов биотехнологии, кроме антибиотиков (логарифм);

x_8 – число фирм, занятых в секторе биотехнологий (единиц);

x_9 – затраты бизнеса на НИОКР в области биотехнологий (млн. долл. США);

x_{10} – затраты государства на инвестиции в НИОКР (млн. долл. США).

Среди анализируемых стран 47 имеют очень высокий индекс человеческого развития (ИЧР), 21 страна – высокий ИЧР и 14 стран – средний и низкий ИЧР.

На первом этапе исследования решалась задача снижения размерности признакового пространства. С этой целью использовался метод главных компонент и методика, разработанная и представленная в [7]. В результате реализации данного метода были получены три главные компоненты, объясняющие 87% исходного признакового пространства.

С первой главной компонентой, названной « z_1 – Индекс биотехнологических инноваций», наиболее тесно связаны признаки, отражающие патенты, инвестиции и количество активных в отрасли компаний, т. е. переменные $x_2, x_3, x_8, x_9, x_{10}$. Во вторую вошли показатели, отражающие импорт и экспорт продуктов биотехнологий (признаки x_4, x_5, x_7). Данная компонента была названа « z_2 – Индекс международной торговой активности в сфере биотехнологий». Третья компонента включает в себя показатели покрытия населения вакцинацией и импорт медикаментов, поэтому она получила название « z_3 – Индекс использования медицинских биотехнологий».

Для разделения стран мира по уровню развития биотехнологий, на основе выделенных трех главных компонент, использовались методы кластеризации объектов. С использованием иерархических и итерационных алгоритмов кластерного анализа [8, 9] было принято решение о целесообразности разделения стран мира на 3 кластера. Характеристики кластеров представлены на рис. 5, а состав 1-го (отстающие страны) и 3-го (лидирующие страны) кластеров – в табл. 1. Отметим, что во 2-й кластер, названный «Догоняющие страны», вошли все оставшиеся из участвующих в анализе страны мира.

Таблица 1. Распределение стран мира на кластеры

1-й кластер «Отстающие страны»		3-й кластер «Лидирующие страны»			
Южная Африка	Филиппины	Канада	Ирландия	Австралия	Израиль
Кения	Непал	Австрия	Швейцария	Корея	Греция
Пакистан	Гана	Финляндия	Кипр	Коста-Рика	Бельгия
Индонезия	Шри-Ланка	Сингапур	Новая Зеландия	Дания	Словения
Индия	Иордания	Италия	Испания	Швеция	Польша
Зимбабве	Алжир	Гонконг	Чехия	Португалия	Венгрия
		Чили	Норвегия		

Анализ рис. 5 позволяет увидеть, что в 3-й кластер попали страны с высоким Индексом биологических инноваций, во 2-ю группу – менее развитые страны, занимающиеся торговлей, а в 1-ю группу вошли страны с недостаточным

обеспечением населения даже базовыми продуктами биотехнологий.

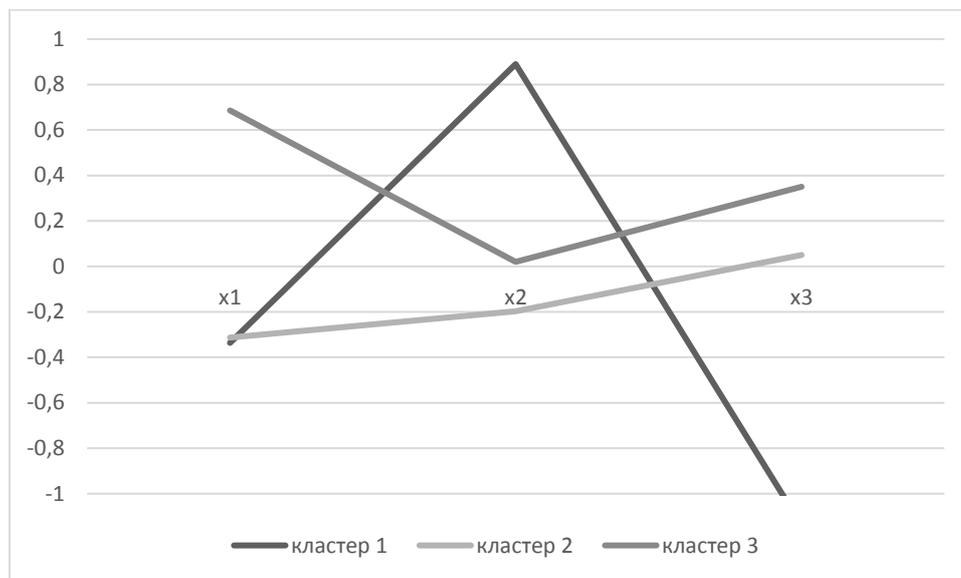


Рис. 5. Средние значения показателей в кластерах

Опишем полученные кластеры более подробно. В 1-й кластер вошли 13 стран мира, характеризующиеся низким уровнем развития медицинских биотехнологий. Это страны мира, преимущественно закупающие биотехнологии и не инвестирующие в их разработку и развитие. Данная группа стран была названа «Отстающие страны». Средняя общая продолжительность жизни (ОПЖ) в этой группе составляет всего 66,7 лет.

Третий кластер включает 26 наблюдений и состоит из стран с высокой степенью развития медицинских биотехнологий. Эти страны успешно интегрируют медицинские биотехнологии в здравоохранение, инвестируют в научные исследования и разработки, что позволяет им патентовать и использовать полученные новые результаты. Данная группа стран получила название – «Лидирующие страны». Средняя ОПЖ в этих странах составляет 81,9 лет.

И, наконец, во 2-ю группу (кластер) вошли 38 стран мира, занимающие средние позиции по уровню развития медицинских биотехнологий. Эти страны уже осознали важность развития медицинских биотехнологий и активно внедряют их в здравоохранение, инвестируют в эту сферу, а также участвуют в научных исследованиях. Сохранение указанных тенденций позволит странам данного кластера в перспективе догнать развитые страны мира и переместиться в лидирующий кластер. Страны 2-го кластера были названы «Догоняющие». Они успешно осуществляют торговлю продуктами медицинских биотехнологий на международном рынке, активно заимствуют и используют новые технологии. Средняя ОПЖ в этих странах составляет примерно 75,5 лет.

Таким образом, исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что медицинские технологии активно развиваются в странах мира. Успешное применение биотехнологий в сфере медицины позволяет повысить продолжительность жизни населения и излечить ряд ранее неизлечимых болезней. Разный уровень развития страна мира предполагает разные стратегии развития. Страны-лидеры уже достигшие высокого уровня жизни уделяют первоочередное внимание проведению исследований и разработок, которые могут позволить

получить прорывные научные результаты. Догоняющие страны успешно используют заимствование технологий для экономического роста и улучшения уровня жизни населения, стремятся наладить собственные исследовательские институты. Отстающие страны только делают первые шаги в использовании медицинских биотехнологий, которые призваны сократить смертность, повысить продолжительность жизни людей. Стратегии развития данных стран – заимствование, адаптация и использование новых технологий.

Инновационная активность малых и средних предприятий. Для исследования инновационной активности малых и средних предприятий использовались статистические данные формы Росстата №4-инновации, а также данные официальной статистики Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

В соответствии с установленными в России размерами малых и средних предприятий автором были разделены предприятия по следующим группам: малые предприятия (до 99 человек), средние предприятия (от 100 до 249 человек), крупные предприятия (от 250 до 999 человек) и фирмы-гиганты (от 1000 до 10 000 человек и более).

Сопоставим долю малых и средних предприятий России, занимающихся инновационной деятельностью, от общего количества фирм по сравнению с другими странами мира (рис. 6). Проведенный анализ показал, что в рейтинге из 35 стран – членов ОЭСР по данному показателю Россия занимает последнее место, показывая значение 4,8 %, что в 15 раз меньше соответствующего показателя страны лидера – Швейцарии и в 9,25 раз меньше среднего значения по всем исследуемым странам. Из этого можно сделать вывод, что российские малые и средние предприятия проявляют крайне низкую инновационную активность в международном масштабе.

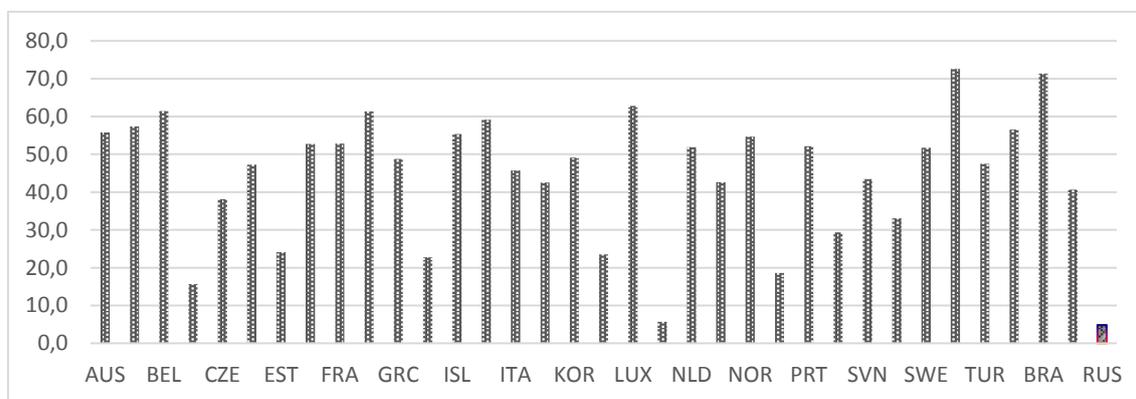


Рис. 6. Доля малых и средних предприятий, совершающих инновации, от общего количества фирм по странам мира, 2017 г. (%)

Далее рассмотрим динамику развития разных типов инноваций не только у малых и средних предприятий, но и в сравнении с крупными фирмами и фирмами-гигантами по России.

Если рассмотреть структуру затрат по разным типам инноваций, то оказывается, что для всех видов предприятий преобладающее большинство затрат идет на технологические инновации (рис. 7).



Рис. 7. Распределение затрат групп предприятий по типам инноваций: технологические (1), маркетинговые (2), организационные (3) инновации – от общей суммы затрат на инновации (%).
(Источник: расчеты авторов по данным Росстата)

Рассмотрим структуру средств, идущих на технологические инновации, в разрезе размерных групп предприятий. Для этого обратимся к данным, предоставляемым Росстатом в соответствии со следующим делением:

- 1 – исследование и разработка новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов;
- 2 – дизайн (деятельность по изменению формы, внешнего вида или потребительских свойств продуктов или услуг);
- 3 – приобретение машин и оборудования, связанных с технологическими инновациями;
- 4 – приобретение новых технологий;
- 5 – права на патенты, лицензии на использование изобретений, промышленных образцов, полезных моделей;
- 6 – приобретение программных средств;
- 7 – инжиниринг, включая подготовку технико-экономических обоснований, производственное проектирование, пробное производство и испытания, монтаж и пуско-наладочные работы, другие разработки (не связанные с научными исследованиями и разработками) новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов;
- 8 – обучение и подготовка персонала, связанные с инновациями;
- 9 – маркетинговые исследования;
- 10 – прочие затраты на технологические инновации.

Оказывается, что для всех предприятий складывается похожая ситуация: больше всего финансовых средств идет на исследования и разработку новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов; приобретение машин и оборудования, связанных с технологическими

инновациями и инжиниринг.

Таким образом, можно сделать вывод, что большая доля затрат на технологические инновации среди предприятий, включая малые и средние фирмы, обусловлена их низкой технической оснащенностью, что влечет за собой трату большей части денежных средств на поддержание конкурентоспособности своих производств и неспособность инвестировать в другие виды инноваций. Это также подтверждается резким ростом приобретения машин и оборудования, связанных с технологическими инновациями у малых и средних предприятий (рис. 8).

Благоприятным является факт увеличения доли продукции, поставляемой на экспорт малыми предприятиями. Так, если доля инновационной продукции, экспортируемой в страны СНГ, за три года у средних, крупных предприятий и компаний-гигантов снизилась, то малые предприятия увеличили долю экспортируемых инноваций на 42%. Это свидетельствует о международной конкурентоспособности производимой малыми предприятиями продукции. И хотя объем поставляемой за рубеж продукции среди российских малых предприятий пока не велик, но положительная динамика роста данного показателя (темп прироста 13% по сравнению с уровнем 2016 г.) позволяет надеяться на дальнейшее увеличение инновационной и экспортной активности малых предприятий.

Выводы. Медицинские биотехнологии на данный момент активно развиваются в различных странах мира. Их появление является одним из возможных способов улучшать и поддерживать уровень жизни населения, воздействовать на национальные системы здравоохранения и экономику. В рамках исследования был проведен статистический анализ теоретических и практических работ по развитию биотехнологий, которые позволили, с одной стороны, выявить основной фокус исследований в области биотехнологий, а также сформировать систему показателей, необходимых для мониторинга развития биотехнологий, а также моделирования факторов, оказывающих статистически значимое влияние на инновационную активность в сфере биотехнологий.

Проведенный в дальнейшем экономико-статистический анализ позволил изучить структуру и динамику основных показателей сферы медицинских биотехнологий, сопоставить страны мира по активности развития биотехнологий, сделать ряд выводов.

Изучение дифференциации стран мира по уровню развития медицинских биотехнологий позволило разделить их на три группы, различающиеся как по средним значениям развития основных показателей, так и по используемым стратегиям развития.

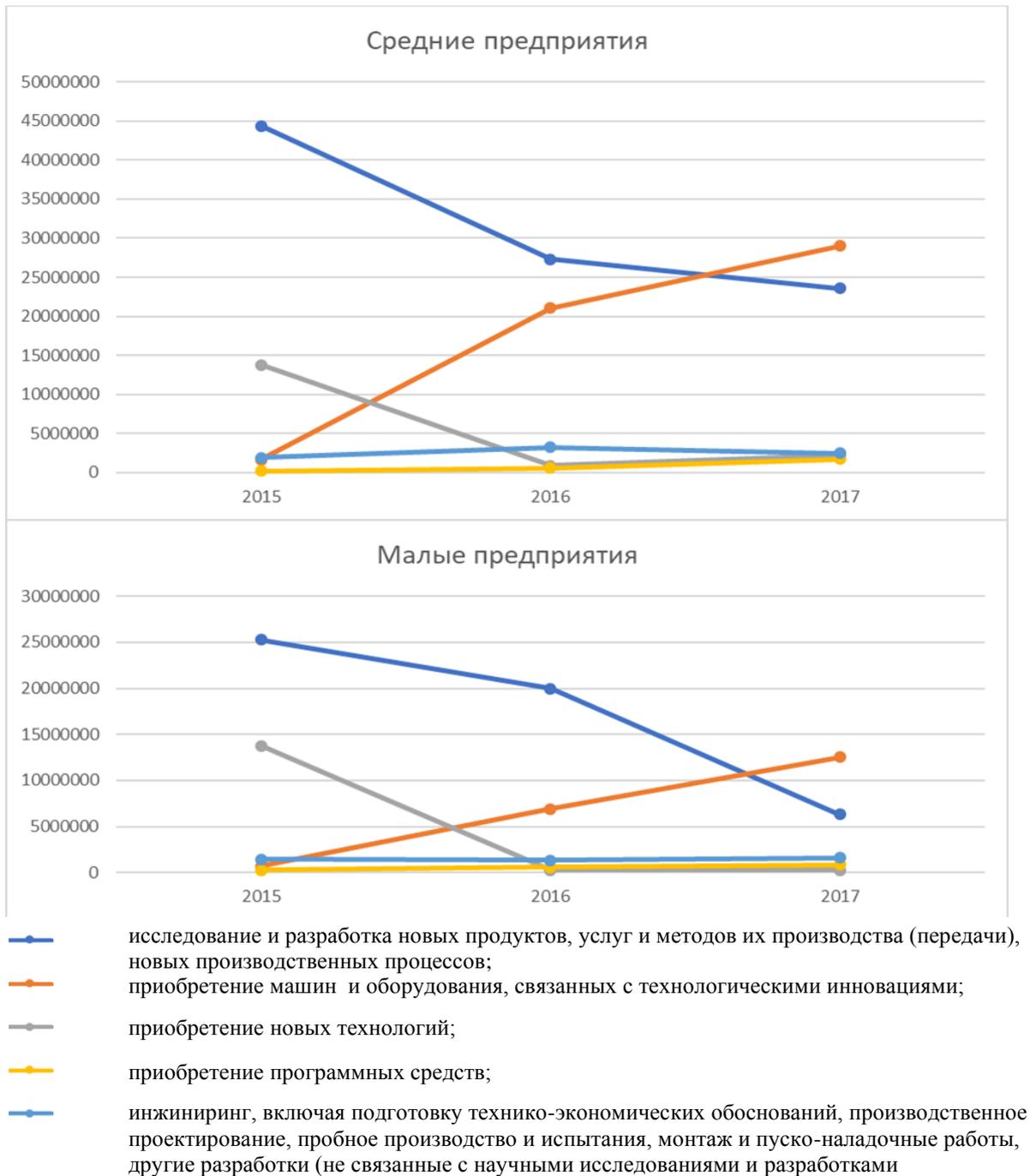


Рис. 8. Динамика затрат на технологические инновации по ключевым видам инновационной деятельности для средних и малых предприятий (тыс. рублей).

(Источник: расчеты авторов по данным Росстата)

Изучение инновационной активности малых и средних российских предприятий позволило выделить ряд благоприятных тенденций, одной из которых является увеличение доли продукции, поставляемой на экспорт малыми предприятиями. Так, если доля инновационной продукции, экспортируемой в страны СНГ за 3 года у средних, крупных предприятий и компаний-гигантов снизилась, то малые предприятия увеличили долю экспортируемых инноваций на 42%. Это свидетельствует о международной конкурентоспособности

производимой малыми предприятиями продукции. И хотя объем поставляемой за рубеж продукции среди российских малых предприятий пока не велик, но положительная динамика роста данного показателя (темп прироста 13% по сравнению с уровнем 2016 г.) позволяет надеяться на дальнейшее увеличение инновационной и экспортной активности малых предприятий. При этом большие надежды возлагаются и на рост инновационной активности малых и средних предприятий в области медицинских биотехнологий.

Литература

1. Архипова М.Ю., Сиротин В.П., Сухарева Н.А. Разработка композитного индикатора для измерения величины и динамики цифрового неравенства в России // Вопросы статистики. – 2018. – № 4. – С. 75–87.
2. Архипова М.Ю., Хавансков В.А. Информационно-статистический мониторинг изобретательской активности РАН на основе патентных информационных ресурсов // Экономическая наука современной России. – 2012. – № 2 (57). – С. 117–129.
3. Афонина В.Е., Афонина Е.В. Обеспечение национальных интересов на основе инновационно-инвестиционного потенциала // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 11-2 (76). – С. 634–638.
4. Мхитарян В.С., Архипова М.Ю., Дуброва Т.А., Миронкина Ю.Н., Сиротин В.П. Анализ данных: учебник для академического бакалавриата. Сер. 58 Бакалавр. Академический курс (1-е изд.). – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 490 с.
5. Мхитарян В.С., Архипова М.Ю., Сиротин В.П. Эконометрика: учебник / под ред. д.э.н., проф. В.С. Мхитаряна. – М.: Проспект, 2012.
6. Cutler D., Deaton A., Lleras-Muney A. The Determinants of Mortality // Journal of Economic Perspectives. – 2006. – 20 (3, Summer). – С. 97–120.
7. Friedrichs S., Beuzekom V. Revised proposal for the revision of the statistical definitions of biotechnology and nanotechnology // OECD Science, Technology and Industry Working Papers. – No. 2018/01, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/085e0151-en>.
8. Fuchs V.R. New Priorities for Future Biomedical Innovations // N Engl J Med. – 363:704- 706, 2010.
9. Lichtenberg F.R. The quality of medical care, behavioral risk factors, and longevity growth // International Journal of Health Care Finance and Economics. – 2011. – 11 (1). – P. 1–34.
10. Lichtenberg F.R. The Impact of Biomedical Innovation on Longevity and Health // International Journal of the Economics of Business. – 2011. – 18 (2). P. 293-316.
11. Lichtenberg F. R. The Effect of Pharmaceutical Innovation on Longevity: Patient Level Evidence from the 1996–2002 Medical Expenditure Panel Survey and Linked Mortality Public-use Files. Forum for Health, 2012.
12. Murphy K.M. and Topel, R.H. The Value of Health and Longevity // Journal of Political Economy. – 2006. – 114 (4). – P. 871–904.
13. National Institutes of Health. Impact of NIH Research on Our Health 2012. www.nih.gov/about/impact/health.htm.
14. Beuzekom V.B., Arundel A. OECD Biotechnology statistics, 2006.
15. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям: совместная публикация ОЭСР и Евростата, 2010 [http://www.studmed.ru/rukovodstvo-oslo-rekomendacii-po-sboru-i-analizu-dannyh-po-innovaciyam_c3b3065.html].
16. Развитие биомедицинских технологий здорового долголетия: вызовы и перспективы (Биомедицинские технологии и здоровое долголетие). Электронный ресурс. Режим доступа: <https://leader-id.ru/event/4356/>.
17. Цели устойчивого развития, ООН [<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>]

ru/sustainable-development-goals/].

18. Key Biotechnology Indicators [https://www.oecd.org/sti/inno/keybiotechnologyindicators.htm].

References

1. Arkhipova M.Yu., Sirotin V.P., Sukhareva N.A. Development of a composite indicator for measuring the magnitude and dynamics of digital inequality in Russia // Questions of statistics. - 2018. - No. 4. - P. 75–87.
2. Arkhipova M.Yu., Khavanskov V.A. Information and statistical monitoring of the inventive activity of the Russian Academy of Sciences based on patent information resources // Economic science of modern Russia. - 2012. - No. 2 (57). - S. 117–129.
3. Afonina V.E., Afonina E.V. Ensuring national interests on the basis of innovation and investment potential // Economics and Entrepreneurship. - 2016. - No. 11-2 (76). - S. 634-638.
4. Mkhitarian V.S., Arkhipova M.Yu., Dubrova T.A., Mironkina Yu.N., Sirotin V.P. Data Analysis: A Textbook for Academic Bachelor's Degree. Ser. 58 Baka laurel. Academic course (1st ed.). - M.: Yurayt Publishing House, 2017. -- 490 p.
5. Mkhitarian V.S., Arkhipova M.Yu., Sirotin V.P. Econometrics: textbook / ed. Doctor of Economics, prof. V.S. Mkhitarian. - M.: Prospect, 2012.
6. Cutler D., Deaton A., Lleras-Muney A. The Determinants of Mortality // Journal of Economic Perspectives. – 2006. – 20 (3, Summer). – С. 97–120.
7. Friedrichs S., Beuzekom B. Revised proposal for the revision of the statistical definitions of biotechnology and nanotechnology // OECD Science, Technology and Industry Working Papers. – No. 2018/01, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/085e0151-en>.
8. Fuchs V.R. New Priorities for Future Biomedical Innovations // N Engl J Med. – 363:704- 706, 2010.
9. Lichtenberg F.R. The quality of medical care, behavioral risk factors, and longevity growth // International Journal of Health Care Finance and Economics. – 2011. – 11 (1). – P. 1–34.
10. Lichtenberg F.R. The Impact of Biomedical Innovation on Longevity and Health // International Journal of the Economics of Business. – 2011. – 18 (2). P. 293-316.
11. Lichtenberg F. R. The Effect of Pharmaceutical Innovation on Longevity: Patient Level Evidence from the 1996–2002 Medical Expenditure Panel Survey and Linked Mortality Public-use Files. Forum for Health, 2012.
12. Murphy K.M. and Topel, R.H. The Value of Health and Longevity // Journal of Political Economy. – 2006. – 114 (4). – P. 871–904.
13. National Institutes of Health. Impact of NIH Research on Our Health 2012. www.nih.gov/about/impact/health.htm.
14. Beuzekom V.B., Arundel A. OECD Biotechnology statistics, 2006.
15. http://www.studmed.ru/rukovodstvo-oslo-rekomendacii-po-sboru-i-analizu-dannyh-po-innovaciyam_c3b3065.html
16. <https://leader-id.ru/event/4356/>.
17. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>
18. Key Biotechnology Indicators [https://www.oecd.org/sti/inno/keybiotechnologyindicators.htm].

Поступила в редакцию 10 июля 2020 г.