

И.Г. Дежина, А.Г. Арутюнян

Развитие российских биотехнологий для скотоводства (оценка на основе патентного анализа)

УДК 338.43

Аннотация. Биотехнологии находят все большее применение в животноводстве, но в России на сегодняшний день они на 80% импортные. Это создает угрозу продовольственной безопасности и актуализирует задачу выделения тех областей биотехнологий, развитие которых критически важно для отрасли. В статье на основе патентного анализа и сравнения мировой динамики патентования за последние десять лет определяются те области биотехнологий для скотоводства, где в России отставание наиболее существенное. Показано, что разработка подходов к развитию собственных биотехнологий особенно важна для генетических и репродуктивных технологий, а также в геномной инженерии.

Ключевые слова: животноводство; скотоводство; биотехнологии в скотоводстве; технологическое развитие; импорт технологий; рынки биотехнологий; этапы развития биотехнологий; патентный анализ; Россия

Введение

Начало эры биотехнологий в животноводстве принято отсчитывать с появления разработок в сфере генетики, биоинженерии и трансплантации эмбрионов. На сегодняшний день лидирующее положение в этой области занимают США и ЕС, хотя в последние годы свои технологии активно стали развивать Китай и Южная Корея. По состоянию на 2021 г. рынок биотехнологий в животноводстве оценивался в 22,6 млрд долл. По некоторым прогнозам, к 2030 г. он как минимум удвоится¹.

В России развитие биотехнологий существенно замедлилось еще в советское время, в том числе из-за отрицания генетики,

¹ Polaris Market Research: Global Animal Biotechnology Market Size Analysis Projected to Reach USD48.95 Billion By 2030, at 9.5% CAGR Growth. 08.02.2023. [Эл. ресурс]. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/02/08/2603862/0/en/Global-Animal-Biotechnology-Market-Size-Analysis-Projected-to-Rich-USD-48-95-Billion-By-2030-at-9-5-CAGR-Growth-Polaris-Market-Research.html> (дата обращения: 04.04.2023).

а после распада СССР быстро наверстывать упущенное было сложно из-за финансовых и материальных ограничений. Сегодня преодолеть накопившееся отставание в разработке собственных технологических решений не позволяют дефицит специалистов, а также специализированных научных и учебных центров плохая организация исследований и разработок [Суховольский, 2019]. В результате многие крупные сельскохозяйственные организации импортируют генетический материал и зарубежные технологии, а небольшим хозяйствам не хватает средств для того, чтобы в принципе использовать биотехнологии.

Недостаточная развитость научной базы подтверждается и данными публикационной статистики. На долю направления «животноводство и молочное хозяйство» в 2021 г. приходилось 0,54% российских публикаций в изданиях, индексируемых по этому профилю в базе данных Web of Science, тогда как доля России в среднем по всем областям наук практически в пять раз больше (2,59%). Чуть более оптимистичная картина наблюдается в публикациях, индексируемых в базе данных Scopus. Там соответствующие показатели составили 1,68% и 3,51%².

В скотоводстве успехи еще скромнее, чем в ряде других животноводческих отраслей, хотя она относится к одной из важнейших среди них [Золотарева, 2018]. Именно эта область находится в центре внимания данной статьи, с точки зрения поиска приоритетных для поддержки в структуре биотехнологий.

В связи с новыми геополитическими условиями опора на импортные технологии, которые ранее закупались преимущественно в странах, ставших для нас «недружественными», больше невозможна. Требуется разработка собственных решений как самостоятельно, так и в партнерстве с дружественными странами, в первую очередь входящими в БРИКС. Это актуализирует задачу определения тех направлений в структуре биотехнологий, которые находятся в максимальной зоне риска, для дальнейшей выработки управленческих решений по их поддержке и развитию.

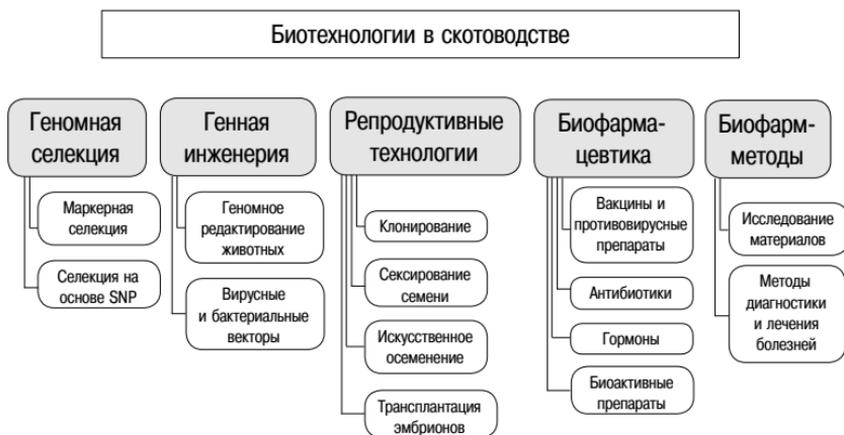
В статье рассмотрим сначала основные технологические направления в структуре биотехнологий в скотоводстве, затем проследим эволюцию развития биотехнологий в России

² Индикаторы науки-2023. Статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2023. С. 260–261, 269, 271.

с выделением трех периодов – советского, раннего постсоветского и современного. Центральная часть работы посвящена патентному анализу в области биотехнологий скотоводства, проведенному с целью уточнения основных тенденций их развития. Российская патентная статистика рассматривается в мировом контексте, на этой основе определяются технологические области, требующие в современных условиях особого внимания.

Характеристика основных биотехнологических направлений

Согласно классификации, используемой Всемирной организацией интеллектуальной собственности (ВОИС, или WIPO – World Intellectual Property Organization), к биотехнологиям относятся технологии геномной селекции, репродуктивные, генная инженерия, биофармацевтика (вакцины, антибиотики, гормоны) и биофармацевтические методы [Schmoch, 2008]. Схема основных направлений биотехнологий в скотоводстве представлена на рисунке 1.



Источник рис. 1, табл. 1. Составлено авторами.

Рис. 1. Структура биотехнологических направлений в области скотоводства

Геномная селекция позволяет оценивать племенные качества животных и улучшать их генофонд. У истоков ее зарождения и развития стоят США, где был разработан метод, позволяющий

минимизировать влияние внешних факторов на прогнозируемую племенную ценность животных, что сразу увеличило эффективность селекции на 17–30% [Лукуьянов, Федяев, 2016]. Благодаря геномной селекции появилась возможность проводить оценку животного на ранних сроках и заблаговременно получать прогноз племенной ценности [Селионова, Айбазов, 2014]. На современный уровень развития эта технология вышла с началом оценки племенной ценности скота на основе молекулярно-генетических данных – однонуклеотидного полиморфизма (single nucleotide polymorphism, далее – SNP) [Eggen, 2012].

Репродуктивные технологии используются для увеличения числа потомков от высокопроизводительных животных; здесь основными направлениями стали искусственное осеменение, трансплантация эмбрионов и клонирование. Значимой технологией искусственного осеменения, которая появилась в начале 2000-х гг., стало разделение семени по полу, получившее название секирования [Смердина, Землянухина, 2018; Steele et al., 2020]. Методика позволяет получать более 90% телят заданного пола, что особенно важно для молочного скотоводства [De Vries et al., 2008].

Мировой рынок технологий искусственного осеменения крупного рогатого скота в 2020 г., согласно расчетам Grand View Research, составил 1,85 млрд долл.; ожидается, что к 2030 г. он достигнет 7,4 млрд долл.³ Лидерство принадлежит США (17,7% мирового рынка), где более 90% коров рождается с помощью искусственного осеменения, и странам Азиатско-Тихоокеанского региона, занимавшим в 2020 г. 30,5% мирового рынка.

Трансплантация эмбрионов служит для увеличения числа потомков по сравнению с традиционным искусственным осеменением. Полученные этим методом животные также лучше адаптированы к местным условиям [Humboldt et al., 2010]. Наконец, благодаря технологиям клонирования стало

³ Veterinary Artificial Insemination Market Size, Share & Trends Analysis Report By Animal Type (Cattle, Swine, Ovine & Caprine, Equine), By Product (Normal Semen, Sexed Semen), By End-user, By Region, And Segment Forecasts, 2022–2030 // Grand View Research. Feb. 2022 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.marketresearch.com/Grand-View-Research-v4060/Veterinary-Artificial-Insemination-Size-Share-30834695/> (дата обращения: 21.03.2023).

возможным тиражирование наиболее высокопроизводительных генотипов. Данная технология пока широко не используется в связи с высокой стоимостью клонов и низкой приживаемостью эмбрионов.

Генная инженерия основана на манипуляциях, при которых происходит непосредственное воздействие на геном животных, вследствие чего появляются организмы с заданными свойствами. В скотоводстве генная инженерия применяется как для создания трансгенных животных, так и генно-модифицированных культур для кормления скота. Крупный рогатый скот в основном редактируют для изменения состава молока, увеличения продуктивности (повышения мышечной массы мясных пород и надоев молока молочных пород), приобретения резистентности к некоторым болезням, улучшения переносимости жаркого климата. Современное геномное редактирование осуществляется с помощью технологии *CRISPR/Cas9* [Джуэлл, Балакришнан, 2017], благодаря которой были созданы генетически модифицированные линии практически всех основных видов сельскохозяйственных животных.

Широкому применению в скотоводстве технологий генной инженерии препятствует существующий во многих странах (в том числе и в России) запрет на создание и коммерческое использование генетически модифицированных организмов [Бурсаков, Ковальчук, 2019]. Тем не менее рынок технологий генной инженерии в животноводстве растет: в 2021 г. он составил 6,8 млрд долл., а к 2029 г. ожидается рост до 11,8 млрд долл.⁴ На рынке лидируют США, страны ЕС и Китай.

Биофармацевтика в скотоводстве включает производство вакцин, антибиотиков, гормонов и биодобавок. Для создания вакцин все чаще используются рекомбинантные технологии в сочетании с методами генной инженерии [Елаков, 2022]. Крупнейшими рынками ветеринарных вакцин для сельскохозяйственных животных являются США, Канада и страны ЕС. Быстрыми темпами биофармацевтика развивается в Китае и странах АТР. Объем

⁴ The global animal genetics market size is projected to grow from \$7.27 billion in 2022 to \$11.82 billion by 2029, at a CAGR of 7.2% during the forecast period// Fortune Business Insights. Healthcare IT. Animal Genetic Markets [Эл. ресурс]. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/animal-genetics-market-105584> (дата обращения: 04.04.2023).

мирового рынка вакцин для крупного рогатого скота в 2022 г. составил около 12,3 млрд долл., а к 2030 г. прогнозируется его рост до 21,5 млрд долл.⁵

Применение антибиотиков в животноводстве довольно строго регулируется и ограничивается⁶. В настоящее время основной проблемой стало появление новых штаммов мутировавших бактерий, устойчивых к антибиотикам. В качестве альтернативы исследуется возможность использования вирусов-бактериофагов [Нифонтова, Чугунова, 2015].

Гормональные препараты основаны на использовании рекомбинантных и генно-модифицированных гормонов, производимых методами генной инженерии [Fesseha et al., 2019], причем именно биотехнологические методы считаются самыми перспективными, поскольку дают больше возможностей для увеличения гормонального воздействия препаратов.

Биотехнологические методы тесно связаны с биофармацевтикой и генной инженерией. Они включают методы диагностики и лечения заболеваний и исследования биоматериалов. К странам – лидерам по разработке технологий данного типа относятся США, ЕС, Великобритания, Япония и Китай.

Этапы развития биотехнологий в российском скотоводстве

Процесс развития и применения биотехнологий в России можно разделить на три крупных периода: советский, когда был разработан ряд оригинальных технологических решений, ранний постсоветский (до начала 2000-х гг.), во время которого было мало возможностей развивать собственные технологии, и современный (табл. 1).

⁵ Global Cattle Vaccines Market Size By Type, By Application, By Geographic Scope And Forecast// Verified Market Research, Nov 2022, Report ID: 39232 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/cattle-vaccines-market/> (дата обращения: 04.04.2023).

⁶ Authorisation, import and manufacture of veterinary medicines. Summary of: Regulation (EU) 2019/6 on veterinary medicinal products and repealing Directive 2001/82/EC// EUR-Lex [Эл. ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A4381220> (дата обращения: 28.03.2023).

**Таблица 1. Этапы развития рынка биотехнологий
в российском скотоводстве**

Этап	Собственные технологии	Импортированные технологии
Геномная селекция		
Советский	-	Метод оценки «дочери – сверстницы» (ДС)*
Ранний постсоветский	-	Генетический материал и методы селекции и содержания скота
Современный	-	Методы оценки племенной ценности и генетический материал
Репродуктивные технологии		
Советский	Технологии искусственного осеменения, производство и хранение семени	Технологии трансплантации эмбрионов
Ранний постсоветский	<i>Советские</i> технологии искусственного осеменения, производство и хранение семени	Технологии создания и трансплантации эмбрионов, клонирование
Современный	Отдельные современные технологии искусственного осеменения, производство и хранение семени	Технологии создания и трансплантации эмбрионов, клонирование, сексирование семени
Генная инженерия		
Советский	-	-
Ранний постсоветский	-	Технологии создания вирусных и бактериальных векторов, геномное редактирование организмов
Современный	-	Технологии создания вирусных и бактериальных векторов, геномное редактирование организмов
Биофармацевтика		
Советский	Вакцины, антибиотики	-
Ранний постсоветский	Вакцины, антибиотики	Готовые вакцины и препараты, бактериофаги, гормоны, пробиотики
Современный	Вакцины, антибиотики, отдельные гормоны и биоактивные препараты	Готовые вакцины и препараты, бактериофаги, гормоны, пробиотики
Биотехнологические методы		
Советский	Методы диагностики и лечения заболеваний	-
Ранний постсоветский	<i>Советские</i> методы диагностики и лечения заболеваний	Методы исследования биоматериалов
Современный	Отдельные новые методы диагностики и лечения заболеваний; исследования биоматериалов	Методы исследование биоматериалов

Примечание. * Догеномный метод племенной оценки и селекции крупного рогатого скота, разработанный в США; упомянут в связи с тем, что он продолжает применяться в России.

Советский период

Как известно, в советское время концепция генов как факторов наследственной передачи информации долго отвергалась [Колчинский, 2018], что привело к существенному отрыву советских технологий селекции от биотехнологических методов в странах Запада. Впоследствии многие технологии этого направления были заимствованы.

Кроме того, важным отличием советской селекции от западной, в первую очередь американской, было то, что ее целью была адаптация пород к местным условиям, а не наращивание объемов производства. Для улучшения генетического потенциала крупного рогатого скота начиная с 1930-х гг. использовался зарубежный (по большей части немецкий и голландский) генетический материал. Импортированных животных скрещивали с местным низкопродуктивным скотом. Результатом стало выведение большого числа *советских пород* крупного рогатого скота, не отличавшихся высокой продуктивностью⁷.

В области искусственного осеменения животных в 1940-х гг. в СССР были созданы прогрессивные для своего времени технологии и сконструированы оригинальные устройства, а в трансплантации эмбрионов в 1980 г. получен первый теленок после пересадки из замороженно-оттаянного эмбриона [Виноградов и др., 2009], в 1981 г. – уже более 100 телят⁸.

Биофармацевтика развивалась в направлении создания собственных, довольно эффективных вакцин, в том числе против сибирской язвы [Лухнова и др., 2016], оспы и ящура. В целом СССР полностью обеспечивал себя вакцинами и антибиотиками. Более того, советские ветеринарные технологии экспортировались в страны Восточной Европы, Латинской Америки, Азии и Африки.

⁷ Чернышова Е., Трофимов А. Исчезающая генетика: зарубежные молочные породы КРС продолжают вытеснять российские //Агроинвестор. 22.05.2017 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/27548-ischezayushchaya-genetika/> (дата обращения: 03.05.2023).

⁸ Тухватуллин Ю. Золотой теленок // Агроинвестор. 02.03.2011 [Эл. ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/15055-zolotoy-telenok> (дата обращения: 17.03.2023).

Ранний постсоветский период

В результате резкого сокращения государственной поддержки в начале 1990-х гг. многие научные разработки в сфере биотехнологий для скотоводства были приостановлены или прекращены. Одновременное снижение поддержки сельскохозяйственного производства, открытие продовольственных рынков для импортной продукции привели к резкому сокращению поголовья скота и обвалу спроса на биотехнологии со стороны АПК. В страну начали ввозить зарубежные биотехнологии и генетический материал (как самих животных, так и материал для искусственного осеменения). В биофармацевтике использовались преимущественно разработки советского периода, и нарастал импорт зарубежных антибиотиков и вакцин.

Современный период

В настоящее время импорт зарубежных биотехнологий и генетического материала в скотоводстве превышает 80% [Горлов и др., 2019]. Аналогичная оценка дается и для гормонов⁹. В области создания вакцин ситуация менее драматичная, поскольку отечественные компании производят около 70% ветеринарных вакцин для крупного рогатого скота¹⁰, хотя во многом на основе еще советских научно-технических заделов. Некоторый импульс развитию дала локализация импортируемых технологий диагностики, на основе которых стали создаваться собственные российские методы.

Государственные научно-исследовательские институты, такие как Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста¹¹, Федеральный научный центр биологических систем и агrobiотехнологий

⁹ Производство ветеринарных препаратов в России: проблемы и перспективы // SoyaneWS, 24.04.2022 [Эл. ресурс]. URL: https://soyaneWS.info/news/proizvodstvo_veterinarnykh_preparatov_v_rossii_-_problemy_i_perspektivy.html (дата обращения: 04.04.2023).

¹⁰ Полухин А. Вакцина вопроса: аграриев переводят на российские ветпрепараты. Можно ли быстро отказаться от использования импортных вакцин // Известия. 28.11.2022 [Эл. ресурс]. URL: <https://iz.ru/1431240/aleksei-polukhin/vakcina-vopros-agrariyev-perevodiat-na-rossiiskie-vetpreparaty> (дата обращения: 04.04.2023).

¹¹ Разработали технологии получения эмбрионов in vitro, методы селекции молочного стада по биомаркерам молока.

Российской академии наук, Федеральный центр охраны здоровья животных («ВНИИЗЖ»)¹² и др., входят в число основных разработчиков биотехнологий для скотоводства. В последние годы появился также ряд частных компаний, занимающихся разработками и производством биотехнологической продукции (например, Щелковский биокомбинат, Курская, Ставропольская, Армавирская биофабрики и др.)¹³.

Методика патентного анализа

Для оценки тенденций развития биотехнологий и позиций России в мире был проведен патентный анализ на основе открытой базы The Lens. Рассматривалась динамика числа простых патентных семей¹⁴ за последнее десятилетие (2012–2021 гг.) с разбивкой на два пятилетних периода. Формирование исходной совокупности патентов проводилось на основе ключевых слов, определяющих область скотоводства; они должны были встречаться в одном или нескольких разделах описания патента, а именно в заголовках (title), в кратком описании (abstract), либо в кратком изложении решаемой задачи (claims).

Затем полученные данные были разделены на две группы: патенты, полученные в мире, и российские патенты. Международные патенты были ограничены базой ВОИС, поскольку ими защищаются наиболее значимые разработки. Выделение России в самостоятельную группу было связано с малочисленностью международных патентов, полученных нашими разработчиками. У всех остальных стран национальные патенты не рассматривались.

На следующем шаге на основе ключевых слов из общего числа патентов в области скотоводства были выделены те, которые касались биотехнологий. Итоговая выборка составила 515 патентов, включая национальные российские, в том числе 316 за 2012–2016 гг. и 199 за 2017–2021 гг. (табл. 2).

¹² Занимаются разработкой вакцин. Например, создали вакцину «БовиРес-Паст».

¹³ В качестве примера разработок можно привести вакцины для крупного рогатого скота (Бруцелвак, Пастанарм 8).

¹⁴ Простая патентная семья представляет собой совокупность патентных документов на общее изобретение, полученных в разных странах.

Таблица 2. Распределение простых патентных семей по областям биотехнологий в 2012–2021 гг.

Область	2012–2016		2017–2021	
	ед.	%	ед.	%
Биофармацевтика	154	48.7	66	33.2
Биотехнологические методы	88	27.8	73	36.7
Репродуктивные технологии	35	11.1	24	12.1
Генная инженерия	20	6.3	20	10.1
Геномная селекция	19	6.0	16	8.0
Итого	316	100.0	199	100.0

Источник табл. 2–4, рис. 2–6. Составлено по базе The Lens.

Мировые тенденции патентования

За два последних пятилетия заметные сдвиги в структуре биотехнологий для скотоводства коснулись биофармацевтики (снижение на 6,5%), репродуктивных технологий (снижение на 5,3%) и генной инженерии (рост на 14,6%) (рис. 2).

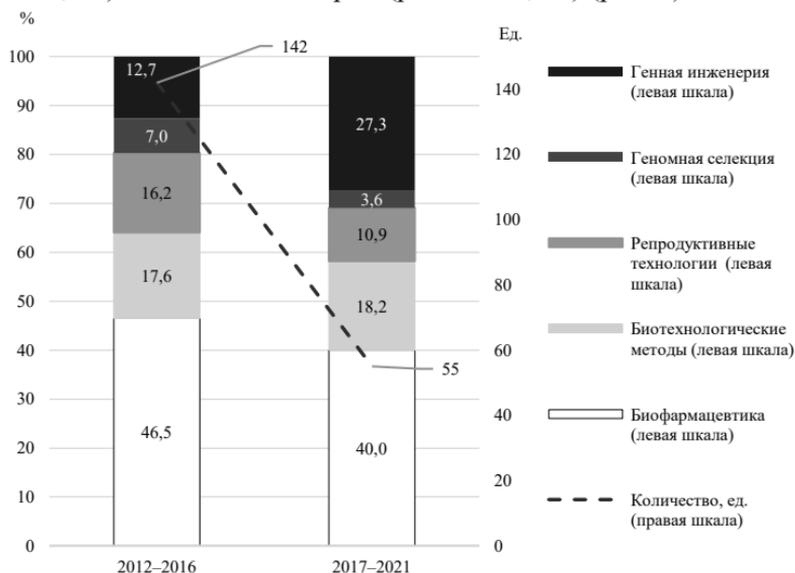


Рис. 2. Мировая динамика патентования по биотехнологическим направлениям в скотоводстве в 2012–2021 гг.

Более детальная структура областей патентования позволяет объяснить произошедшие изменения (табл. 3). Снижение активности в биофармацевтике скорее всего связано с ужесточением правил использования во многих странах антибиотиков и гормонов. Сокращение доли патентов в области репродуктивных технологий объясняется смещением фокуса на патентование в национальных юрисдикциях.

Таблица 3. Мировая динамика числа патентов по поднаправлениям биотехнологий для скотоводства в 2012–2021 гг.

Направление	Поднаправление	2012–2016		2017–2021	
		ед.	%	ед.	%
Биофармацевтика	Вакцины и противовирусные препараты	27	19,0	11	20,0
	Антибиотики	20	14,1	5	9,1
	Биоактивные препараты	16	11,3	6	10,9
	Гормоны	3	2,1	0	0,0
Биотехнологические методы	Методы диагностики и лечения заболеваний	23	16,2	8	14,5
	Исследования биоматериалов	1	0,7	2	3,6
Геномная селекция	Маркерная селекция	7	4,9	0	0,0
	Геномная селекция на основе SNP	3	2,1	2	3,6
Репродуктивные технологии	Искусственное осеменение	16	11,3	5	9,1
	сексирование семени	2	1,4	1	1,8
	Трансплантация эмбрионов	2	1,4	0	0,0
	Клонирование	3	2,1	0	0,0
Генная инженерия	Геномное редактирование животных	9	6,3	0	0,0
	Геномное редактирование бактерий и вирусов	10	7,0	15	27,3
Всего		142	100	55	100

В свою очередь рост патентования в области генной инженерии обусловлен развитием геномного редактирования бактерий и вирусов, которое в большинстве стран регулируется менее строго, чем геномное редактирование сельскохозяйственных животных и изменение ДНК белков.

Патентный анализ также показал, что технологические направления взаимосвязаны, и большинство патентов относится сразу к нескольким областям, что усложняет выявление их основной области. Чаще всего связи идентифицируются между технологиями, касающимися вирусных и бактериальных векторов, создания вакцин и противовирусных препаратов и методов диагностики и лечения болезней. Это отражает растущее применение вирусных и бактериальных векторов для профилактики и лечения инфекционных заболеваний скота, что показывает, что генная инженерия все чаще применяется в ветеринарной фармацевтике. С методами диагностики связаны и биофармацевтические направления. Возрастает значение исследования биоматериалов, в том числе для маркерной селекции. Связь гормонов с технологиями искусственного осеменения обусловлена их значимостью в сфере повышения фертильности скота и подготовки к родам. Также очевидна связь между трансплантацией эмбрионов и технологиями искусственного осеменения. С ними связаны и технологии геномного редактирования животных. Однако их применение пока законодательно ограничено. В то же время современные технологии сексирования семени, клонирования, геномной селекции на основе SNP пока обособлены.

В страновом разрезе абсолютный приоритет по числу патентов принадлежит США, странам ЕС и Великобритании. На них суммарно приходилось 85% патентов в первый период и около 70% во второй (рис. 3). Во втором периоде примечателен стремительный рост доли корейских и китайских патентов – с 3,5% до 20%. В странах-лидерах патентами владеют преимущественно крупные биотехнологические компании (например, такие как Bayer Animal Health GmbH, Zoetis Animal Health, Recombinetics Inc. и др.), а в Китае и Корее – университеты (например, китайский University Shandong Agricultural или корейский Jeju National University).

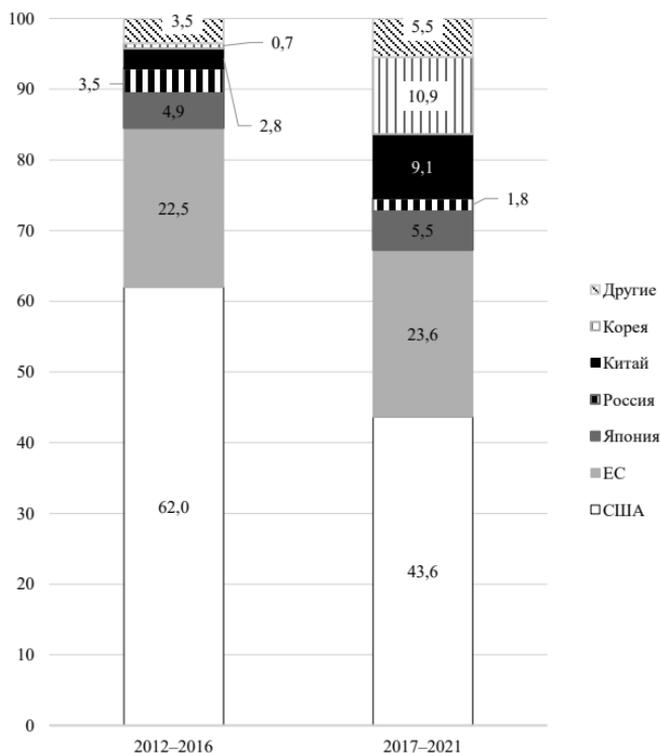


Рис. 3. Патентование в сфере биотехнологий для скотоводства по странам приоритета в 2012–2021 гг.

Патентование в России

В структуре патентования в России обращает на себя внимание существенное снижение доли патентов в биофармацевтике – традиционно лидирующем направлении в российской биотехнологической сфере (рис. 4). Это может быть связано с длительностью (до четырех лет) рассмотрения заявок на патентование фармацевтических препаратов. Одновременно вырос удельный вес патентования биотехнологических методов, доля которых во втором периоде превысила 40%, причем рост числа патентов прослеживается только в области исследований биоматериалов (табл. 4), что может быть связано с растущим потенциалом материаловедения.

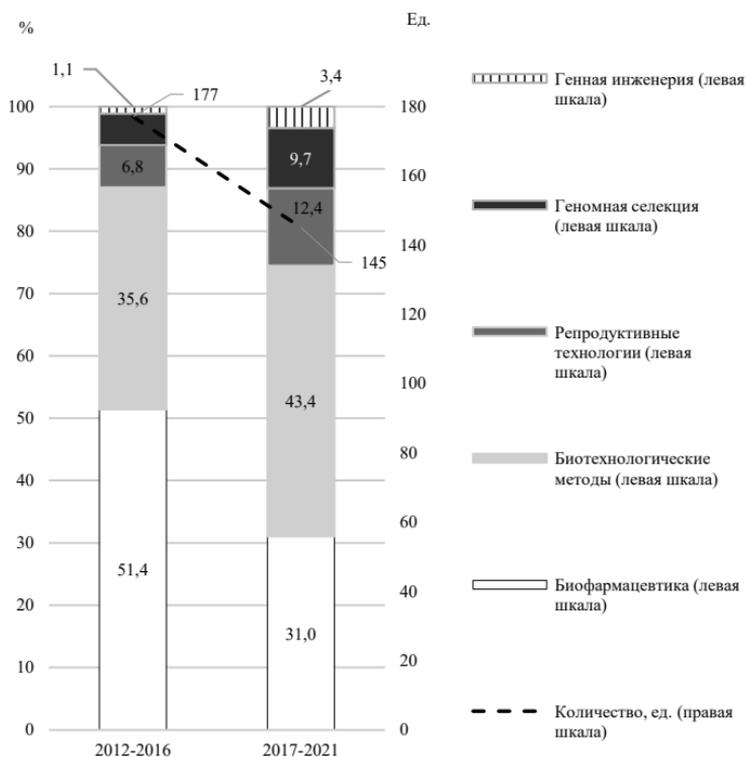


Рис. 4. Динамика патентования российскими организациями в юрисдикции РФ по биотехнологическим направлениям в скотоводстве в 2012–2021 гг.

В области репродуктивных технологий рост доли патентов произошел благодаря активности в сфере трансплантации эмбрионов, где появились новые отечественные разработки. В то же время в сфере инновационных методов сексирования семени и клонирования нет даже национальных патентов.

Заметный прирост доли патентов характерен для геномной селекции – за счет разработок в области маркерной селекции. При этом нет патентов по более современному методу геномной селекции на основе SNP, из-за отсутствия в стране, в отличие от западных стран, референтной популяции генотипированного скота.

Таблица 4. Динамика числа российских национальных патентов по поднаправлениям биотехнологий в скотоводстве в 2012–2021 гг.

Направления	Технология	2012–2016		2017–2021	
		ед.	%	ед.	%
Биофармацевтика	Вакцины и противовирусные препараты	28	15,8	11	7,6
	Антибиотики	21	11,9	14	9,7
	Биоактивные препараты	32	18,1	15	10,3
	Гормоны	10	5,6	5	3,4
Биотехнологические методы	Методы диагностики и лечения заболеваний	50	28,2	46	31,7
	Исследования биоматериалов	13	7,3	17	11,7
Геномная селекция	Маркерная селекция	9	5,1	14	0,0
	Геномная селекция на основе SNP	0	0,0	0	0,0
Репродуктивные технологии	Искусственное осеменение	12	6,8	12	8,3
	Сексирование семени	0	0,0	0	0,0
	Трансплантация эмбрионов	0	0,0	6	0,0
	Клонирование	0	0,0	0	0,0
Генная инженерия	Геномное редактирование животных	0	0,0	1	0,0
	Геномное редактирование бактерий и вирусов	2	1,1	4	2,8
Всего		177	100	145	100

В России основными патентообладателями являются профильные государственные НИИ и университеты (табл. 5), однако примечательно, что у этих организаций есть только национальные патенты. Российские обладатели немногочисленных международных патентов – это частные компании и физические лица. Таким образом, российское патентование сильно замкнуто на внутренний рынок, может быть связано с системами отчетности, а патентуемые технологии не имеют международной значимости.

Таблица 5. Топ-10 российских патентообладателей в области биотехнологий для скотоводства, 2012–2021 гг.

Организация	Число патентов
Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии (ФГБНУ «ВНИВИПФиТ»)	26
Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина	26
Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста*	19
Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»)	13
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН («СФНЦА РАН»)	11
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко	10
Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»)	9
Омский аграрный научный центр (ФГБНУ «Омский АНЦ»)**	9
ФНЦ Биологических систем и агротехнологий РАН ***	9
Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина	7

Примечание. * Суммарно с патентами Центра экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий (ФГБНУ «ЦЭЭРБ»), вошедшего в состав ВИЖ им. Академика Эрнста в 2020 г.

** Суммарно с патентами Всероссийского НИИ бруцеллеза и туберкулеза животных (ВНИИБТЖ), вошедшего в состав ФГБНУ «Омский АНЦ» в 2018 г.

*** Суммарно с патентами Всероссийского НИИ мясного скотоводства, вошедшего в состав ФНЦ Биологических систем и агротехнологий РАН в 2015 г.

Выводы

Мировой рынок применения биотехнологий в скотоводстве динамично развивается, и высокие темпы его роста прогнозируются как минимум до 2030 г. Постоянно появляются новые направления в структуре традиционных пяти областей биотехнологий, меняется композиция стран-лидеров, в том числе за счет активности Китая и Южной Кореи.

Патентный анализ показал, что на мировом фоне для России характерно отставание в наиболее инновационных областях, включая технологии клонирования, сексирования семени и др. Отечественные разработки имеют почти исключительно

внутреннее значение, поскольку международных патентов – единицы. Традиционно более развиты биофармацевтика, биотехнологические методы, некоторые технологии искусственного осеменения. При этом страна сильно зависит от зарубежного генетического материала, а местные породы скота уступают по продуктивности зарубежным.

Обнаруженные «болевые точки» в исследуемой области – это геномная селекция, репродуктивные технологии и генная инженерия. Для развития геномной селекции необходимо создание единой базы скота, представляющей собой реестр племенных животных России, где указывается вся информация об их происхождении. Важным компонентом подготовительной работы является генотипирование скота для получения референтной популяции. В стране есть собственные разработки по маркерной селекции, однако они пока широко не применяются.

В области репродуктивных технологий и генной инженерии (технологий клонирования, сексирования семени, геномного редактирования) было бы полезно развитие сотрудничества со странами-лидерами, однако в настоящее время это исключено ввиду геополитических ограничений. В то же время возможности кооперации со странами БРИКС, за исключением Китая, ограничены недостаточным уровнем развития в них инновационных технологий.

Развитие собственных биотехнологий для скотоводства требует значительных инвестиций, поэтому страны догоняющего развития, к которым в части животноводческих биотехнологий сегодня относится Россия, предпочитают импортировать западные разработки, хотя по ряду точечных направлений целесообразны взаимодействия. Так, с Бразилией и Индией, которые импортируют современные репродуктивные технологии, возможна совместная разработка технологий на основе реверс-инжиниринга. И все же наиболее перспективным партнером для России является Китай, где в последнее пятилетие был сделан рывок в развитии собственных биотехнологий. Новые разработки в Китае сосредоточены в первую очередь в университетах, что может облегчить кооперацию, поскольку в России основными разработчиками биотехнологий для скотоводства также выступают вузы – наряду с государственными НИИ.

Одновременно должен стимулироваться спрос на биотехнологии в скотоводстве, с использованием механизмов прямой государственной поддержки. Это особенно актуально для мелких хозяйств, у которых сегодня недостаточно ресурсов для приобретения современных биотехнологий.

Литература

Бурсаков С. А., Ковальчук С. Н. Некоторые аспекты современных геномных и генно-инженерных технологий в молочном скотоводстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 9. С. 22–29. DOI: 10.17513/mjprfi.12845

Виноградов В. Н., Эрст Л. К., Стрекозов Н. И., Осадчая О. Ю. ВИЖ – флагман зоотехнической науки / Российская академия сельскохозяйственных наук; Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства. Дубровицы. 2009. 236 с.

Горлов, И. Ф., Мосолов, А. А., Комлацкий, Г. В., Нестеренко, М. А., Нимбона, К. Д., Мосолова, Д. А. Экономические перспективы использования биотехнологий в животноводстве // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 57–60. DOI: 10.30850/vrtn/2019/5/57–60

Джуэлл К., Балакришнан В. Ш. Битва за права на технологию редактирования генома CRISPR/Cas9 // ВОИС журнал. Апрель 2017. URL: https://www.wipo.int/wipo_magazine/ru/2017/02/article_0005.html (дата обращения: 04.04.2023).

Елаков А. Л. Антирабические вакцины, применяемые в Российской Федерации, и перспективы их совершенствования // Вопросы вирусологии. 2022. № 2 (67). С. 107–114. DOI: 10.36233/0507–4088–102

Золотарева Е. Л. Мировой рынок мяса: современные тенденции развития и перспективы участия России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 167–171. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-rynok-myasa-sovremennye-tendentsii-razvitiya-i-perspektivy-uchastiya-rossii/viewer> (дата обращения: 04.04.2023).

Колчинский Э. И. Сложный путь эволюционной теории в СССР // Вихревая динамика развития науки и техники. Россия/СССР. Первая половина XX века. Экстремальный режим развития науки и техники / Под. ред. чл.-корр. РАН Ю. М. Батурина. Москва: ИИИЕТ РАН. 2018. 722 с.

Лукьянов К. И., Федяев П. М. Современные тенденции в индексной оценке племенной ценности молочного скота // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 11–19. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28140368_21632821.pdf (дата обращения: 04.04.2023).

Лухнова Л. Ю., Дерябин П. Н., Атишабар Б. Б., Мека-Меченко Т. В., Некрасова Л. Е., Суцих В. Ю., Избанова У. А. История создания и основные направления совершенствования специфической профилактики сибирской язвы // Медицина (Алматы). 2016. № 2(164). С. 34–45. URL: http://www.medzdrav.kz/images/magazine/medecine/2016/2016–02/M_02–16_34–45.pdf (дата обращения: 04.04.2023).

Нифонтова В. В., Чузунова Е. О. Получение бактериофагов и их применение в ветеринарии // Вестник Пермского федерального исследовательского центра.

2015. № 2. С. 54–59 URL: <https://journal.permsc.ru/index.php/pscj/article/view/PSCJ2015n2p9> (дата обращения: 04.04.2023).

Селионова М.И., Айбазов А.М. Геномные технологии в селекции сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственный журнал. 2014. № 7(1). С. 140–145. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/genomnye-tehnologii-v-selektii-selskokozyaustvennyh-zhivotnyh/viewer> (дата обращения: 04.04.2023).

Смердина Т.В., Землянухина Т.Н. Влияние сексированного семени на воспроизводительные качества коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 9(167). С. 96–102. URL: <http://vestnik.asau.ru/index.php/vestnik/article/view/1194> (дата обращения: 04.04.2023).

Суховольский О.К. Значение биотехнологии в современном животноводстве // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2019. № 1. С. 102–107. DOI: 10.24411/2078–1318–2019–11102

De Vries A., Overton M., Fetrow J., Leslie K., Eicker S., Rogers G. Exploring the Impact of Sexed Semen on the Structure of the Dairy Industry // Journal of Dairy Science. Volume 91. 2008. No. 2. Pp. 847–856. DOI: 10.3168/jds.2007–0536

Eggen A. The development and application of genomic selection as a new breeding paradigm // Animal Frontiers. Vol. 2. Issue 1. 2012. January. Pp. 10–15. DOI: 10.2527/af.2011–0027

Fesseha H., Aliye S., Kifle T. Recombinant Bovine Somatotropin and its Role in Dairy Production: A Review // Theriogenology Insight – An International Journal of Reproduction in all Animals. 2019. Vol.9. No.3. Pp. 77–86. DOI: 10.30954/2277–3371.03.2019.1

Humblot P., Le Bourhis D., Fritz S., Colleau J., Gonzalez C., Guyader Joly C., Malafosse A., Heyman Y., Amigues Y., Tissier M., Ponsart C. Reproductive technologies and genomic selection in cattle // Veterinary Medicine International. 2010. 192787. DOI: 10.4061/2010/192787

Schmoch U. Concept of a Technology Classification for Country Comparisons. Final Report to the World Intellectual Property Organisation (WIPO) // Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. Karlsruhe. Germany. 2008. Available at: https://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/docs/wipo_ipc_technology.pdf (accessed: 04.04.2023).

Steele H., Makri D., Maalouf W.E., Reese S., Kölle S. Bovine Sperm Sexing Alters Sperm Morphokinetics and Subsequent Early Embryonic Development // Scientific Reports 10. 2020. 6255. DOI: 10.1038/s41598–020–63077–6

Статья поступила 21.04.2023

Статья принята к публикации 26.04.2023

Для цитирования: Дежина И.Г., Арутюнян А.Г. Развитие российских биотехнологий в скотоводстве (оценка на основе патентного анализа) // ЭКО. 2023. № 7. С. 149–171. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2023-7-149-171

Информация об авторах

Дежина Ирина Геннадиевна (Москва) – доктор экономических наук, руководитель Аналитического департамента научно-технологического развития, Сколковский институт науки и технологий.

E-mail: i.dezhina@skoltech.ru; ORCID: 0000–0002–3402–3433

Арутюнян Арутюн Гамлетович (Москва) – кандидат экономических наук, аналитик Аналитического департамента научно-технологического развития, Сколковский институт науки и технологий.

E-mail: a.arutyunyan@skoltech.ru; ORCID: 0000-0001-7108-9370

Summary

I.G. Dezhina, A.G. Arutyunyan

Development of Russian Biotechnologies for the Cattle Breeding (Evaluation Based on Patent Analysis)

Abstract. Biotechnology is increasingly used in animal husbandry, but in Russia today it is 80% imported. This poses a threat to food security and brings to the fore the problem of identifying those areas of biotechnology whose development is critical for the industry. Based on the patent analysis and comparison of the world patenting dynamics over the past ten years the paper identifies the areas of biotechnology for cattle breeding where the gap is most significant in Russia. It is shown that approaches to the development of own biotechnologies are especially important for genetic and reproductive technologies as well as genetic engineering.

Keywords: *livestock husbandry; cattle breeding; biotechnology in cattle breeding; technological development; technology import; biotechnology markets; stages of biotechnology development; patent analysis; Russia*

References

Bursakov, S.A., Kovalchuk, S.N. (2019). Some aspects of modern genomic and genetic engineering technologies in dairy cattle breeding. *Mezhdunarodniy Zhurnal Prikladnikh i Fundamentalnikh Issledovaniy*. No. 9. Pp. 22–29. (In Russ.). DOI: 10.17513/mjpf.12845

De Vries, A., Overton, M., Fetrow, J., Leslie K., Eicker, S., Rogers, G. (2008). Exploring the Impact of Sexed Semen on the Structure of the Dairy Industry. *Journal of Dairy Science*. Vol. 91. No. 2. Pp. 847–856. DOI: 10.3168/jds.2007-0536

Eggen, A. (2012). The development and application of genomic selection as a new breeding paradigm. *Animal Frontiers*. Vol. 2. Issue 1. January. Pp. 10–15. DOI: 10.2527/af.2011-0027

Elakov, A.L. (2022). Rabies vaccines used in the Russian Federation and prospects for their improvement. *Problems of Virology*. No. 2 (67). Pp. 107–114. (In Russ.) DOI: 10.36233/0507-4088-102

Fesseha, H., Aliye, S., Kifle, T. (2019). Recombinant Bovine Somatotropin and its Role in Dairy Production: A Review. *Theriogenology Insight – An International Journal of Reproduction in all Animals*. Vol. 9. No. 3. Pp. 77–86. DOI: 10.30954/2277-3371.03.2019.1

Gorlov, I.F., Mosolov, A.A., Komlatsky, G.V., Nesterenko, M.A., Nimbona, K.D., Mosolova, D.A. (2019). Economic prospects for the use of biotechnologies in animal husbandry. *Vestnik of the Russian agricultural science*. No. 5. Pp. 57–60. (In Russ.). DOI: 10.30850/vrsn/2019/5/57-60

Humblot, P., Le Bourhis, D., Fritz, S., Colleau, J., Gonzalez, C., Guyader Joly, C., Malafosse, A., Heyman, Y., Amigues, Y., Tissier, M., Ponsart, C. (2010).

Reproductive technologies and genomic selection in cattle. *Veterinary Medicine International*. 192787. DOI: 10.4061/2010/192787

Jewell, K., Balakrishnan, V. Sh. (2017) The battle to own the CRISPR–Cas9 gene-editing tool. *WIPO magazine*. April. Available at: https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2017/02/article_0005.html (accessed 04.04.2023).

Kolchinsky, E.I. (2018). *Hard path of evolutionary theory in the USSR. Vortex dynamics of the development of science and technology. Russia/USSR. First half of the twentieth century. Extreme mode of development of science and technology*. Moscow: IHST RAS. 722 p. (In Russ.).

Lukhnova, L. Yu., Deryabin, P.N., Atshabar, B.B., Meka-Mechenko, T.V., Nekrasova, L.E., Sushchikh, V. Yu., Izbanova, U.A. (2016). Specific prophylaxis of anthrax history of development and main directions of improvement. *Medicine (Almaty)*. No. 2(164). Pp. 34–45. (In Russ.). Available at: http://www.medzdrav.kz/images/magazine/medecine/2016/2016-02/M_02-16_34-45.pdf (accessed: 04.04.2023).

Lukyanov, K.I., Fedyav, P.M. (2016). Modern trends in the dairy cattle breeding value index assessment. *Genetics and breeding of animals*. No. 4. Pp. 11–19. (In Russ.) Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28140368_21632821.pdf (accessed 04.04.2023).

Nifontova, V.V., Chugunova, E.O. (2015). Bacteriophages creation and their use in veterinary science. *Perm Federal Research Centre Journal*. No. 2. Pp. 54–59 (In Russ.) Available at: <https://journal.permsc.ru/index.php/pscj/article/view/PSCJ2015n2p9> (accessed: 04.04.2023).

Schmoch, U. (2008) Concept of a Technology Classification for Country Comparisons. Final Report to the World Intellectual Property Organisation (WIPO). *Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research*. Karlsruhe. Germany. Available at: https://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/docs/wipo_ipc_technology.pdf (accessed: 04.04.2023).

Selionova, M.I., Aibazov, A.M. (2014). Genomic technologies in the breeding of farm animals. *Agricultural Journal*. No. 7(1). Pp. 140–145. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/genomnye-tehnologii-v-selektzii-selskohozyaystvennyh-zhivotnyh/viewer> (accessed 04.04.2023).

Smerdina, T.V., Zemlyanukhina, T.N. (2018). Sexed semen influence on the reproductive qualities of cows. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. No. 9 (167). Pp. 96–102. (In Russ.) Available at: <http://vestnik.asau.ru/index.php/vestnik/article/view/1194> (accessed 04.04.2023).

Steele, H., Makri, D., Maalouf, W.E., Reese, S., Kölle, S. (2020). Bovine Sperm Sexing Alters Sperm Morphokinetics and Subsequent Early Embryonic Development. *Scientific Reports* 10, 6255. DOI: 10.1038/s41598-020-63077-6

Sukhovolsky, O.K. (2019). The value of biotechnology in modern animal husbandry. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. No. 1. Pp.102–107. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11102

Vinogradov, V.N., Ernst, L.K., Strekozov, N.I., Osadchaya, O. Yu. (2009). *VIZh – the flagship of zootechnical science*. Dubrovitsy. Russian Academy of Agricultural Sciences; All-Russian Research Institute of Animal Husbandry. 236 p. (In Russ.).

Zolotareva, E.L. (2018). World meat market: current development trends and prospects for Russia's participation. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. No. 3. Pp. 167–171. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-rynok-myasa-sovremennye-tendentsii-razvitiya-i-perspektivy-uchastiya-rossii/viewer> (accessed 04.04.2023).

For citation: Dezhina, I.G., Arutyunyan, A.G. (2023). Development of Russian Biotechnologies for the Cattle Breeding (Evaluation Based on Patent Analysis). *ECO*. No. 7. Pp. 149–171. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-7-149-171

Information about the authors

Dezhina, Irina Gennadievna (Moscow) – Doctor of Economic Sciences, Head of Analytical Department of S&T Development, Skolkovo Institute of Science and Technology.

E-mail: i.dezhina@skoltech.ru; ORCID: 0000–0002–3402–3433

Arutyunyan, Arutyun Gamletovich (Moscow) – PhD in Economics, Analyst of Analytical Department of S&T Development, Skolkovo Institute of Science and Technology.

E-mail: a.arutyunyan@skoltech.ru; ORCID: 0000–0001–7108–9370