



РАЗВИТИЕ БИОЭКОНОМИКИ И ПОДГОТОВКА КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ

Е. С. Титова

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

По результатам библиографического и библиометрического анализов показан впечатляющий рост числа исследований по биоэкономике в период 2016–2023 гг. Отмечено, что для развития биоэкономики необходима не только генерация эффективных биотехнологий, но и их трансляция – распространение знаний. Традиционно эти функции реализуются в значительной степени через систему подготовки кадров, которая позволяет обеспечить подготовку квалифицированных работников, способных поддерживать состоятельность производительных сил на современном уровне. В связи с этим в данной статье была сформирована выборка из 36 российских вузов по предметным рейтингам «Биотехнология и биоинженерия» и «Экология». Кроме того, в нее вошли 10 вузов по предметному рейтингу «Экономика». Вхождение в выборку каждого вуза отдельно фиксировалось для последующей визуализации методом картографии для определения регионов перспективного развития междисциплинарных и конвергентных образовательных программ. Далее на более широкой выборке из лидирующих отечественных вузов было проведено исследование реализуемых образовательных программ в целях подготовки квалифицированных кадров для освоения и развития экологических биотехнологий на основе новых знаний. Полученные результаты дают основания считать, что в России имеются перспективы для эффективного развития биоэкономики с использованием экологических биотехнологий.

Ключевые слова: биотехнологии, науки о жизни, интеграция знаний, подготовка кадров.

THE DEVELOPMENT OF BIO-ECONOMICS AND TRAINING HIGHLY-QUALIFIED HR IN RUSSIAN REGIONS

Ekaterina S. Titova

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia

Bibliographic and bibliometric analyses showed a serious growth in the number of investigations on bio-economics in 2016–2023. It was pointed out that for bio-economics development we need not only the generation of effective bio-technologies but also their translation – knowledge proliferation. Traditionally these functions are realized mainly through system of personnel training, which gives an opportunity to train highly-qualified workers capable of maintaining effectiveness of production forces at the advanced level. In view of this the present article compiled a sample of 36 Russian universities by 'Bio-technology and bio-engineering' and 'Ecology' ratings. In addition 10 more universities were included by 'Economics' rating. The entry of each university was fixed for subsequent visualization by cartography in order to find regions of prospective development of inter-disciplinary and convergent education programs. Later on a broader sample of leading home universities research was conducted on education programs aimed at training qualified personnel for developing ecologic bio-technologies based on new knowledge. Findings of the research demonstrate that Russia has got prospects for effective development of bio-economics based on ecologic bio-technologies.

Keywords: bio-technologies, science of life, knowledge integration, personnel training.

Введение

Биоэкономика рассматривается в настоящее время как особый вид деятельности, основанный на знаниях, в рамках которой используются биологические ресурсы и биологические процессы для обеспечения устойчивого производства товаров и услуг во всех секторах экономики [7; 9; 12]. Накопление знаний, ставших базовыми для формирования биоэкономики, во многом обеспечило так называемые омики (*omics*) – новые дисциплины, относящиеся к наукам о жизни, достижения которых прямо или опосредованно связаны с расшифровкой генетической информации различных организмов от бактерий до человека [7; 16]. Принципиальным следствием этих достижений стало создание широкого спектра биотехнологий, находящих применение в различных областях хозяйственной деятельности [7; 14].

Важно отметить и то, что развитие омиксных технологий сыграло важную роль в формировании геномной и других видов биоинженерии (*bioengineering*).

Термин *bioengineering* обычно используется для обозначения научного направления, которое предусматривает интеграцию ряда естественных и технических наук для решения определенных практических задач, в частности, ориентированных на движение к целям устойчивого развития [7; 10; 19]. В результате на международном рынке появились многие новые товары от биотоплива до жизненно необходимых биофармпрепаратов [8; 20].

Действия ряда стран Запада, установивших многочисленные санкции в отношении России и ведущих фактически так называемую прокси-войну против нашей родины, требуют усиления целенаправленной работы для обеспечения технологического суверенитета, и особенно независимости высокотехнологичных отраслей экономики [1]. Естественно, это имеет прямое отношение к развитию отечественной биоэкономики и производству многих биопродуктов, что было наглядно

продемонстрировано созданием эффективных противовирусных вакцин при ковидной пандемии [8].

Представляется также важным отметить, что развитие биоэкономики и активное применение биотехнологий позволили обеспечить, например, занятость миллионов европейцев [14]. Однако, по мнению некоторых авторов, при этом возникают изменения в структуре рынка труда, а также формах занятости, что может приводить к определенным проблемам для работников и работодателей [21]. В России значительное внимание уделяется роли трудовых ресурсов, которые рассматриваются как ключевой фактор успешного функционирования всех отраслей экономики каждого региона и страны в целом [4; 5].

Цель данного исследования – изучение современных тенденций в развитии биоэкономики и анализ складывающихся условий в российских регионах для подготовки соответствующих квалифицированных трудовых ресурсов.

Методы исследования

Общие тенденции развития биоэкономики, а также биотехнологий, ориентированных на решение задач по улучшению экологической обстановки (экобиотехнологий), были исследованы по материалам, содержащимся в двух общедоступных базах данных научных публикаций: ScienceDirect и PubMed. Для проведения исследований был отобран ряд ключевых слов, по которым проводились соответствующие частотные поиски с последующими преобразованиями результатов в графические формы. Кроме того, применялся библиометрический анализ с использованием известной программы обработки данных VOSviewer [11; 13; 18].

Также было проведено исследование возможностей региональных вузов по подготовке квалифицированных кадров, обладающих глубокими знаниями наук о жизни в целом и способностями к прикладному применению экобиотехнологий

в частности. Отбор и изучение отобранных вузов производились по данным Мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования Российской Федерации. По результатам изучения образовательных программ проведено обобщение дисциплин учебных планов с позиции создания и применения экологических биотехнологий методом кластеризации (обобщения).

При анализе распределения ведущих профильных вузов в регионах России были использованы рейтинги за 2022 и 2023 гг., подготовленные рейтинговым агентством RAEX по двум предметным областям – «Биотехнологии и биоинженерия» и «Экология» – с учетом междисциплинарного характера использования экологических биотехнологий. Параллельно

рассматривались сведения о деятельности ведущих вузов по предметной области «Экономика» за аналогичный период. При изучении территориальной организации учреждений высшей школы России применяли картографический метод с некоторыми модификациями [2; 3].

В работе также использовались общенаучные методы анализа, синтеза и систематизации полученной информации.

Результаты и обсуждение

Результаты библиометрического анализа ежегодного количества публикаций, содержащих поисковое слово *bioeconomy*, которое включалось в две общедоступные базы данных ScienceDirect и PubMed, представлены на рис. 1.

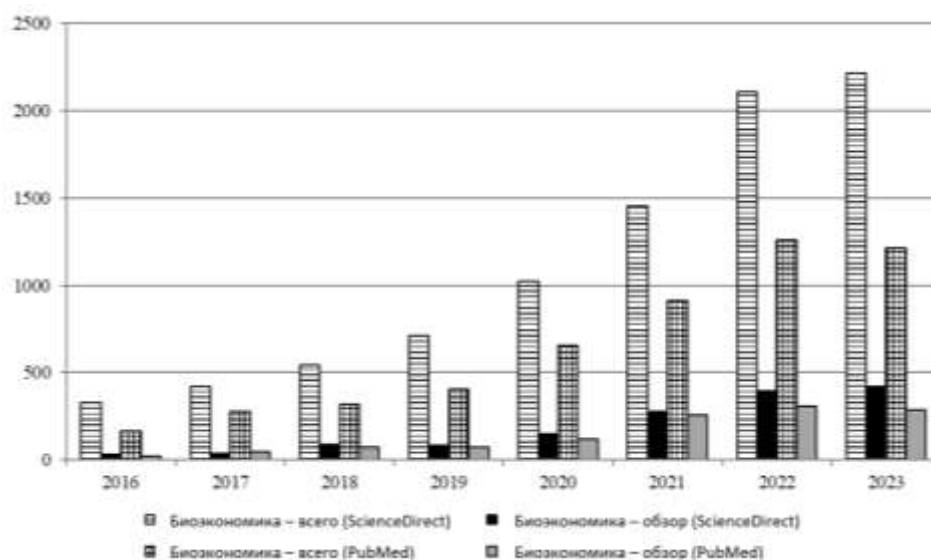


Рис. 1. Динамика количества публикаций, содержащих поисковое слово «биоэкономика» (*bioeconomy*), по материалам баз данных ScienceDirect и PubMed, 2016–2023 гг. (в ед.)

Полученные сведения из базы данных ScienceDirect показали, что за пять лет второй декады XXI в. (2016–2020 гг.) происходил кратный рост числа как всех публикаций (от примерно трех сотен за 2016 г. до более тысячи в 2020 г.), так и обзоров. Далее за первые три года третьей декады XXI в. ежегодный рост всех публикаций продолжался и превысил две тысячи работ за 2023 г. Число обзоров также резко вы-

росло с ~150 публикаций в 2020 г. до ~420 в 2023 г. Явную тенденцию к росту публикаций по биоэкономике продемонстрировали и материалы из базы данных PubMed.

Общее количество публикаций со словом *bioeconomy*, включенных в базу данных ScienceDirect на начало января 2024 г., составило более 9 600 работ, а в базу данных PubMed – около 4 800. При этом оказалось, что об общих тенденциях в развитии био-

экономики можно судить по результатам изучения встречаемости в публикациях слова *bioeconomy* в сочетании с некоторыми другими терминами. Полученные резуль-

таты суммированы в табл. 1 (округленные оценки соответствуют началу января 2024 г.).

Т а б л и ц а 1

Результаты изучения встречаемости в публикациях, содержащихся в базах данных ScienceDirect и PubMed, слова *bioeconomy* в сочетании с некоторыми другими терминами* (в ед.)

Поисковые словосочетания	ScienceDirect	PubMed
Биоэкономика и окружающая среда (<i>bioeconomy + environment</i>)	7 070	1 960
Биоэкономика и сельское хозяйство (<i>bioeconomy + agriculture</i>)	6 880	1 600
Биоэкономика и устойчивое развитие (<i>bioeconomy + sustainable development</i>)	6 770	530
Биоэкономика и промышленность (<i>bioeconomy + industry</i>)	6 400	1 200
Биоэкономика и биотехнологии (<i>bioeconomy + biotechnology</i>)	3 500	1 350
Биоэкономика и университетское образование (<i>bioeconomy + university education</i>)	1 550	240
Биоэкономика и медицина (<i>bioeconomy + medicine</i>)	1 400	640
Биоэкономика и экология (<i>bioeconomy + ecology</i>)	1 350	410

* Составлено по материалам баз данных ScienceDirect и PubMed.

Как видно из табл. 1, весьма часто в публикациях, имеющих в обеих базах данных, встречалось словосочетание «биоэкономика и сельское хозяйство». Это дает основание считать, что в настоящее время биоэкономика активно развивается в сфере сельского хозяйства. Далее в базе данных ScienceDirect в сопоставимых количествах обнаруживались словосочетания «биоэкономика и промышленность», а также «биоэкономика и устойчивое развитие». Представляется важным отметить, что в базе данных PubMed третье место по частоте встречаемости принадлежало словосочетанию «биоэкономика и биотехнологии». Данное обстоятельство можно связать с особенностями (профилем) указанной базы данных.

Вместе с тем максимальное количество публикаций в обеих базах данных обнаружилось по словосочетанию «биоэкономика и окружающая среда». С учетом этого и целей данного исследования определенный интерес представляют материалы об использовании достижений биотехнологий, ориентированных на обеспечение устойчивого развития при сохранении окружающей среды – экологических биотехнологий.

Для изучения тематического спектра направлений в развитии экологических биотехнологий был проведен библиометрический анализ публикаций, размещенных в базе данных PubMed.

Проведение поискового запроса по словосочетанию «экологические биотехнологии» (*environmental biotechnology*) с 2021 по 2023 г. позволило обнаружить 26 435 публикаций. Далее была произведена выгрузка метаданных указанных публикаций с помощью программного обеспечения VOSviewer с последующей их обработкой по всем ключевым словам. Общее количество ключевых слов составило 60 078 единиц. В ходе анализа для получения наибольшей наглядности нижний порог количества ключевых слов был ограничен 200 упоминаниями. Результаты выполненной двумерной визуализации представлены на рис. 2, где увеличение размерности шрифта ключевого слова и соответствующего узла означает объем частотности указанного слова в выборке, толщина линии обозначает тесноту связи между анализируемыми словами.

Как видно из рис. 2, с помощью программного обеспечения VOSviewer было сформировано пять основных перекрыва-

ным характеристикам (группам ключевых слов) в общем массиве данных.

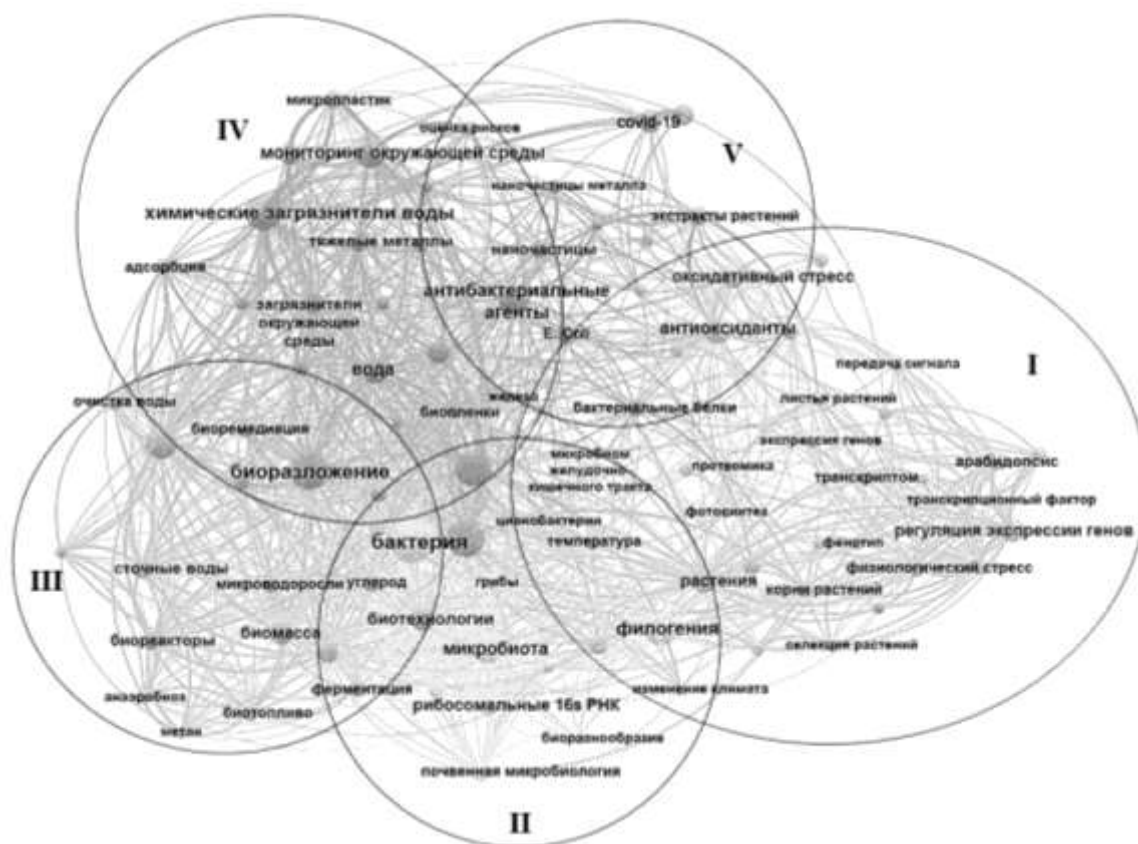


Рис. 2. Кластеризация спектра ключевых слов в публикациях по запросу «экологические биотехнологии» (*environmental biotechnology*), 2021–2023 гг.

Составлено по публикациям, имеющимся в базе данных PubMed, с использованием программы VOSviewer

К первому кластеру (I) отнесены публикации, содержащие сведения об экспрессии генов и ее регуляции [15]. Второй кластер (II) включает работы об использовании достижений микробиологии в экологических целях. Третий кластер (III) обобщает публикации об использовании биотехнологий для снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. В четвертом кластере (IV) объединены исследования вопросов применения биотехнологий в функционировании экосистем, биodeградации, а также публикации о борьбе с микропластиком и другими загрязнителями почв. Пятый кластер (V) обобщает публикации об антибактериальных агентах, биопленках и наночастицах.

Сведения, приведенные на рис. 2, демонстрируют выраженный междисциплинарный характер исследований в области экологических биотехнологий, а также широкий каскад тематических направлений используемых знаний. В частности, создаются и используются знания об устранении загрязнителей окружающей среды, утилизации отходов, переработке биомассы, микропластиков и т. д.

Таким образом, становится очевидным не только ежегодный рост количества публикаций по тематике, связанной с экобиотехнологиями, но и формирование целого каскада проводимых научных исследований с активной интеграцией в него новых знаний.

Не вызывает сомнений, что для развития биоэкономики необходима не только генерация, но и трансляция (распространение) знаний. Традиционно эти функции реализуются в значительной степени через систему подготовки кадров, которая позволяет обеспечить накопление и совершенствование квалифицированного трудового ресурса, способного обеспечить состоятельность производительных сил [22]. По этой причине важна своевременная интеграция актуальных достижений наук о жизни в целом и биотехнологий в частности в программы подготовки кадров. Данный тезис можно подкрепить существующими эффектами от генерации и распространения новых знаний: получением общественно значимого результата от преобразования человеческого капитала, созданием конкурентных преимуществ организациями реального сектора экономики для выработки наступательной рыночной стратегии [17].

Несмотря на продолжающуюся всеобщую цифровизацию и существующие опасения о замещении технологиями искусственного интеллекта изобретательской активности людей, именно человек остается центром системы генерации знаний и развития технологий. При этом человеческий капитал, и особенно трудовые ресурсы, остается наиболее привлекательной областью для инвестирования с целью получения долгосрочных экономических выгод [22].

Изучение особенностей формирования трудовых ресурсов рассматривается в числе ключевых задач, связанных с обеспечением эффективного природопользования и сохранением окружающей среды. Технологической оснащенности при этом также отводят одну из важнейших ролей. Соответственно, можно отметить три основных фактора интеграции новых биотехнологических знаний в биоэкономику:

1) наращивание технологической оснащенности профильных научных и образовательных организаций, а также организаций реального сектора экономики;

2) увеличение количества исследователей и профильных научных школ;

3) развитие научно-образовательного взаимодействия на всех уровнях образования.

Обширная территория Российской Федерации, экономико-географические особенности и различия в уровне инновационного развития территорий определяют региональную специфику распространения знаний. Указанная специфика также определяется адаптивностью региональных вузов к интеграции новых знаний в образовательные программы, имеющимися профильными компетенциями, а также возможностями вузов к развитию тех или иных направлений подготовки и специальностей в соответствии с потребностями в регионе.

Недавно рейтинговой группой RAEX было проведено рейтингование отечественных вузов по ряду предметных областей. Полученные рейтинги включали оценку не только образовательной, но и научной деятельности, что существенно для анализа развития подготовки кадров в области природосберегающих экобиотехнологий. При этом в число показателей входили оценки, относящиеся к образовательной деятельности, такие как прием обучающихся на первый курс, в частности, с учетом того, что численность обучающихся по определенной предметной области на всех курсах должна быть не менее 100–200 человек. Оценивались также кадровая обеспеченность и объем финансирования.

В данном исследовании в связи с заявленными целями из представленных материалов была сформирована выборка по предметным рейтингам «Биотехнология и биоинженерия» и «Экология», которая включала 36 вузов. Кроме того, в нее вошли 10 вузов по предметному рейтингу «Экономика». При этом вхождение вуза в различные предметные рейтинги отдельно фиксировалось с целью последующей визуализации методом картографии. Таким образом, для визуализации по трем пред-

метным рейтингам за 2022 и 2023 гг. было отобрано 68 вузов, расположенных в различных регионах России. Полученные результаты в обобщенном виде представлены на рис. 3, где символами (треугольни-

ками) обозначено присутствие вузов в каждом регионе по предметным рейтингам, а цифровые обозначения показывают количество вузов, включенных в соответствующие предметные рейтинги.



Рис. 3. Картограмма вузов, представленных в рейтингах вузов России за 2022 и 2023 гг. по предметным областям «Биотехнологии и биоинженерия», «Экология» и «Экономика»

Составлено по данным рейтинговой группы RAEX. Предметные рейтинги вузов России. – URL: https://raex-rr.com/education/subject_ranking/History/2023/analytics/subject_rankings_2023/ (дата обращения: 23.12.2023).

Поскольку включенные в рейтинг вузы отмечены как лидеры в отдельных предметных областях, можно считать справедливым наличие предпосылок для формирования и реализации содержащих новые знания междисциплинарных и конвергентных образовательных программ в отдельных регионах Российской Федерации. Под конвергентными программами в данном случае понимаются образовательные программы по принципиально отличным двум и более областям знаний. Так, например, лидирующие позиции в рейтингах «Биотехнологии и биоинженерия» и «Экология» могут обеспечить развитие междисциплинарных образовательных программ, а лидерство в областях «Биотехнологии и биоинженерия» и «Экономика» – конвергентных ввиду накопленных знаний и опыта.

Для проведения более детального анализа интеграции современных достижений наук о жизни в образовательные программы было проведено выборочное обследование учебных планов программ высшего образования отечественных вузов, в том числе лидирующих в области подготовки кадров по вышеуказанным предметным рейтингам и/или участвующих в реализации программы стратегического и академического лидерства «Приоритет-2030». С указанными целями было проанализировано более пятисот учебных планов ближайшего к текущему году набора по направлениям подготовки и специальностям, связанным с науками о жизни [6], на предмет наличия дисциплин, связанных прямо или опосредованно с созданием и использованием экологических биотехнологий. Обобщение этих и других результатов позволило подойти к кластеризации

реализуемых дисциплин (в большей степени вариативной части учебного плана) сообразно укрупненным группам направлений подготовки и специальностей.

В качестве примеров в табл. 2 приведены сформированные кластеры в четырех

укрупненных группах направлений подготовки и специальностей: химии (04.00.00), науках о Земле (05.00.00), биологических науках (06.00.00), промышленной экологии и биотехнологии (19.00.00).

Т а б л и ц а 2

Кластеризация дисциплин для подготовки кадров в области создания и использования экобиотехнологий*

Наименование кластера	Обобщенные наименования дисциплин учебного плана
<i>Химия (04.00.00)</i>	
Теоретический	Химический базис функционирования биологических систем в целях охраны окружающей среды
Методический	Методы исследования окружающей среды, получения и переработки сырья, в том числе экологически безопасного (химические и биотехнологические)
Технологический	Использование химических технологий для экологических целей
Эколого ориентированный	Экологические проблемы химических производств и химико-технологические возможности охраны окружающей среды
Социально-экономический	Особенности управления в химических и биотехнологических производствах, технологическое предпринимательство
Информационный	Работа с химическими базами данных, искусственный интеллект
<i>Науки о Земле (05.00.00)</i>	
Теоретический	Экологические основы природопользования
Методический	Методы обследования и изучения окружающей среды (биоиндикация, биотестирование и мониторинг)
Технологический	Технологии переработки отходов и безотходного производства, биотехнологии для сохранения окружающей среды (биоремедиация, биоиндикация, технологии производства биотоплива и т. д.)
Эколого ориентированный	Эколого-экономическая оценка и ресурсосберегающие технологии (биотехнологии в безотходном производстве и пр.)
Социально-экономический	Управление в области обращения и переработки отходов, правовое обеспечение эколого-экономической деятельности, устойчивое развитие
Информационный	Цифровые решения для экологического мониторинга, биоинформационные технологии
Региональный	Региональные особенности экологической деятельности
<i>Биологические науки (06.00.00)</i>	
Теоретический	Молекулярный и биохимический базис функционирования живых систем
Методический	Современные методы и направления развития биологии (культивирование клеток, полимеразная цепная реакция)
Технологический	Омикс-анализ, протеомика, пептидомика, метагеномика
Эколого ориентированный	Природоохранные биотехнологии (биотестирование, биоиндикация, биоремедиация, биоконверсия, биокатализ)
Социально-экономический	Технологическое предпринимательство
Информационный	Биоинформатика, биостатистика, работа с базами данных биологической информации, большие данные в биологии, математическое моделирование в биологии
<i>Промышленная экология и биотехнологии (19.00.00)</i>	
Теоретический	Биохимические процессы окружающей среды, химия сырья растительного и животного происхождения
Методический	Инструментарий для работы в лаборатории биотехнологии, методы исследования биологического сырья
Технологический	Проектирование и оборудование биотехнологических производств, биоконверсия сырья растительного и животного происхождения, культивирование промышленных продуцентов, геномика, метагеномика
Эколого ориентированный	Экологическая биотехнология, мало- и безотходные технологии, мониторинг воздействия биотехнологических процессов на окружающую среду
Социально-экономический	Технологическое предпринимательство, социально ответственное инвестирование
Информационный	Информационные технологии в биотехнологии
Региональный	Переработка целлюлозосодержащего сырья или отходов агропромышленного производства

* Источник: Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 сентября 2013 г. № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования». – URL: <https://base.garant.ru/70480868/?ysclid=lkebiyem2w908468423> (дата обращения: 21.12.2023).

В целом проведенное исследование свидетельствует о достаточно широком диапазоне реализуемых образовательных программ высшего образования биологической, биотехнологической и экологической направленности, подготовленных на их основе междисциплинарных курсов во многих региональных вузах. Вместе с этим происходит ориентация образовательных программ на прикладные задачи региона.

Так, среди образовательных программ Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского можно особо отметить те, которые ориентированы на подготовку кадров, способных обеспечивать развитие экобиотехнологий и участвовать в работах по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду. В рамках подобных программ ведется обучение, в частности, по следующим дисциплинам: «Химия окружающей среды», «Организация химического контроля промышленных объектов», «Молекулярные основы биохимических процессов». Указанные дисциплины реализуются по направлению 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры «Аналитическая химия») и специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета «Экспертиза и аналитические методы контроля качества продукции»). Параллельно по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование» (профиль «Экологический мониторинг») изучаются дисциплины «Методы биотестирования в экомониторинге» и «Методы биоиндикации в экомониторинге».

Другим примером может служить Тамбовский государственный технический университет, который, реализуя программу «Экологическая безопасность» (направление подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование») в бакалавриате, включил в учебный план дисциплины «Обращение с отходами производства и потребления», «Энергоресурсосберегающие экологические технологии и альтернативные экологические источники энер-

гии» и «Социальная экология и устойчивое развитие». Кроме того, в этом вузе по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» реализуется программа «Промышленная биотехнология», которая включает изучение средств информационной поддержки деятельности биотехнолога, а также методов инженерной энзимологии и прикладной экобиотехнологии.

Представляется важным отметить и Алтайский государственный университет, где программы бакалавриата (направление подготовки 06.03.01 «Биология») содержат дисциплины «Природоохранные биотехнологии», «Проектная деятельность в биоэкологии» и еще целый каскад дисциплин биотехнологической направленности, (включая биоконверсию растительного сырья, изучение рекомбинантных белков и др.). Особого внимания заслуживает и программа магистратуры «Химическая и биотехнологическая переработка растительного сырья». В этой программе имеются такие дисциплины, как «Процессы химической и биотехнологической переработки растительного сырья», «Технологии выделения низкомолекулярных компонентов растительного сырья», «Биоконверсия растительного сырья», «Экологические проблемы химической и биотехнологической переработки растительного сырья» и т. д.

Таким образом, повсеместное развитие биотехнологий может способствовать более интенсивному распространению знаний о природосберегающих возможностях их использования в регионах России. Это обстоятельство становится особенно актуальным в связи с принятым решением о создании в Российской Федерации единого цифрового пространства для решения задач экологии и природопользования. Среди проектов по созданию такого пространства значатся развитие федеральной информационной системы состояния окружающей среды, комплексной цифровой системы обращения с отходами, экологического контроля и надзора и др.¹

¹ URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202312250116> (дата обращения: 29.12.2023).

Заключение

Изучение публикационной активности по материалам двух международных и общедоступных баз данных (ScienceDirect и PubMed) показало, что за период 2016–2023 гг. происходило резкое увеличение внимания и интереса к биоэкономической тематике. В частности, сравнение материалов, относящихся к 2016 и 2023 гг., показало, что произошел многократный рост числа работ, в которых содержались соответствующие поисковые слова. При этом в публикациях, имеющихся в обеих базах данных, максимально часто встречалось словосочетание «биоэкономика и окружающая среда». Среди других часто встречающихся словосочетаний важно отметить следующие: «биоэкономика и сельское хозяйство», «биоэкономика и устойчивое развитие», а также «биоэкономика и биотехнологии». Как следствие, можно сделать вывод, что условия организации рациональной хозяйственной деятельности представляют большой общественный и научный интерес ввиду необходимости обеспечивать устойчивое развитие экономики и снижать негативное антропогенное воздействие на окружающую среду.

Отмечено, что появление экологических биотехнологий, которые позволяют не только использовать возобновляемое сырье для изготовления различных хозяйственных продуктов, но и получать данные про-

дукты из органических отходов, создало новые условия для обеспечения устойчивого развития отечественной экономики.

Возникающие с развитием экобиотехнологий новые виды биопродуктов и средств производства требуют подготовки квалифицированных кадров, которые будут способны использовать современные достижения в практической деятельности и осуществлять последующее развитие экобиотехнологий.

Показанный в работе широкий диапазон тематик исследования в области экологических биотехнологий требует особых подходов к организации образовательной подготовки и своевременной интеграции новых знаний в образовательные программы. Проведенный анализ позволил суммировать основные факторы интеграции новых биотехнологических знаний в экономику, а также продемонстрировать региональное размещение вузов, где возможно потенциальное развитие конвергентных и междисциплинарных образовательных программ.

Таким образом, опыт отечественных вузов по организации подготовки кадров, способных к освоению и использованию экологических биотехнологий, дает основания считать, что в России имеются определенные перспективы для эффективного развития биоэкономики.

Список литературы

1. Данейкин Ю. В. Достижение технологического суверенитета высокотехнологичных отраслей экономики РФ: состояние и перспективы // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2022. – № 4. – С. 74–92.
2. Донская А. Е., Китаева Е. В., Радченко Л. К. Картографический метод исследования факторов, влияющих на развитие цифровой экономики региона // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопрограммное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2021. – № 1. – С. 275–282.
3. Катровский А. П., Ватлина Т. В. Территориальная организация высшей школы России // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2021. – № 5. – С. 3–13.
4. Колесник В. С., Ховятская Е. А. Эффективность использования трудовых ресурсов в аграрном секторе экономики региона // Актуальные вопросы современной экономики. – 2023. – № 1. – С. 136–143.

5. Спешилова Н. В., Гореликова-Китаева О. Г., Рахматуллин Р. Р., Рогачев А. А. Трудовые ресурсы и их роль в развитии цифровой экономики // Экономические науки. – 2023. – № 222. – С. 330–338.
6. Титова Е. С. Подход к оптимизации подготовки кадров по наукам о жизни: применение метода таксономии // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки : сборник материалов X Международной научно-практической конференции. Москва, 26 июня 2023 года. – М. : ООО «Издательство АЛЕФ», 2023. – С. 54–63.
7. Титова Е. С., Шишкин С. С. Актуальные проблемы биоэкономики, роль постгеномных дисциплин. – М. : ВАШ ФОРМАТ, 2023.
8. Титова Е. С., Шишкин С. С. Вакцины как продукт промышленных биотехнологий и особый товар на международном рынке биофармпрепаратов // Международная торговля и торговая политика. – 2023. – Т. 9. – № 3 (35). – С. 87–100.
9. Aguilar A., Bochereau L., Matthiessen L. Biotechnology as the Engine for the Knowledge-Based Bio-Economy // Biotechnology & Genetic Engineering Reviews. – 2010. – Vol. 26. – P. 371–388.
10. Aguilar A., Twardowski T., Wohlgemuth R. Bioeconomy for Sustainable Development // Biotechnology Journal. – 2019. – Vol. 14 (8).
11. Cao H., Ou H., Ju W., Pan M., Xue H., Zhu F. Visual Analysis of International Environmental Security Management Research (1997–2021) Based on VOSviewer and CiteSpace // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2023. – Vol. 20 (3). – P. 2601.
12. Díaz C. A., Albers A., Ezequiel Zamora-Ledezma E., Hamelin L. The Interplay between Bioeconomy and the Maintenance of Long-Term Soil Organic Carbon Stock in Agricultural Soils: A Systematic Review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2024. – Vol. 189 (A). – P. 113890.
13. Eck van N. J., Waltman L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping // Scientometrics. – 2010. – Vol. 84 (2). – P. 523–538.
14. Gartland K. M., Bruschi F., Dundar M., Gahan P.B., Viola Magni M., Akbarova Y. Progress Towards the 'Golden Age' of Biotechnology // Current Opinion in Biotechnology. – 2013. – Vol. 24 (Suppl 1). – P. S6–13.
15. Goh M. S., Lam S. D., Yang Y., Naqiuddin M., Addis S. N. K., Yong W. T. L., Luang-In V., Sonne C., Ma N. L. Omics Technologies Used in Pesticide Residue Detection and Mitigation in Crop // Journal of Hazardous Materials. – 2021. – Vol. 420. – P. 126624.
16. Grassmann J., Scheerle R. K., Letzel T. Functional Proteomics: Application of Mass Spectrometry to the Study of Enzymology in Complex Mixtures // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2012. – Vol. 402. – P. 625–645.
17. Knudsen E. S., Lien L. B. The Half-Life of Knowledge and Strategic Human Capital // Human Resource Management Review. – 2023. – Vol. 33 (4). – P. 100989.
18. Kwon C. Y. Research Trends of Pharmacopuncture: a Bibliometric Analysis Using VOSviewer (2007–2023) // Journal of Pharmacopuncture. – 2023. – Vol. 26 (3). – P. 227–237.
19. Naresh Kumar A., Sarkar O., Chandrasekhar K., Raj T., Narisetty V., Mohan S. V., Pandey A., Varjani S., Kumar S., Sharma P., Jeon B. H., Jang M., Kim S. H. Upgrading the Value of Anaerobic Fermentation Via Renewable Chemicals Production: A Sustainable Integration for Circular Bioeconomy // Science of the Total Environment. – 2022. – Vol. 806 (Pt. 1). – P. 150312.
20. Sundaram T., Rajendran S., Gnanasekaran L., Rachmadona N., Jiang J. J., Khoo K. S., Show P. L. Bioengineering Strategies of Microalgae Biomass for Biofuel Production: Recent Advancement and Insight // Bioengineered. – 2023. – Vol. 14 (1). – P. 2252228.

21. Wandzich D. E., Płaza G. A. New and Emerging Risks Associated With “Green” Workplaces // *Workplace Health & Safety*. – 2017. – Vol. 65 (10). – P. 493–500.
22. Zhang Y., Li S., Wang X., Wu W. Research on Human Capital and Energy Development Caused by Decarbonization // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2023. – Vol. 187. – P. 113720.

References

1. Daneykin Yu. V. Dostizhenie tekhnologicheskogo suvereniteta vysokotekhnologichnykh otrasley ekonomiki RF: sostoyanie i perspektivy [Achieving Technological Sovereignty of High-Tech Industries of the Russian Federation: State and Prospects]. *Vestnik RGGU. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo* [Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Series: Economics. Control. Right], 2022, No. 4, pp. 74–92. (In Russ.).
2. Donskaya A. E., Kitaeva E. V., Radchenko L. K. Kartograficheskiy metod issledovaniya faktorov, vliyayushchikh na razvitie tsifrovoy ekonomiki regiona [Cartographic Method for Studying Factors Influencing the Development of the Digital Economy of the Region]. *Regulirovanie zemelno-imushchestvennykh otnosheniy v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, otsenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskie resheniya* [Regulation of Land and Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Valuation, Ecology, Technological Solutions], 2021, No. 1, pp. 275–282. (In Russ.).
3. Katrovskiy A. P., Vatlina T. V. Territorialnaya organizatsiya vysshey shkoly Rossii [Territorial Organization of Higher Education in Russia]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Episode 5: Geography], 2021, No. 5, pp. 3–13. (In Russ.).
4. Kolesnik V. S., Khovyatskaya E. A. Effektivnost ispolzovaniya trudovykh resursov v agrarnom sektore ekonomiki regiona [Efficiency of the Use of Labor Resources in the Agricultural Sector of the Regional Economy]. *Aktualnye voprosy sovremennoy ekonomiki* [Current Issues of Modern Economics], 2023, No. 1, pp. 136–143. (In Russ.).
5. Speshilova N. V., Gorelikova-Kitaeva O. G., Rakhmatullin R. R., Rogachev A. A. Trudovye resursy i ikh rol v razvitii tsifrovoy ekonomiki [Labor Resources and Their Role in the Development of the Digital Economy]. *Ekonomicheskie nauki* [Economic Sciences], 2023, No. 222, pp. 330–338. (In Russ.).
6. Titova E. S. Podkhod k optimizatsii podgotovki kadrov po naukam o zhizni: primenenie metoda taksonomii [An Approach to Optimizing Life Sciences Training: Applying the Taxonomy Method]. *Sovremennye strategii i tsifrovye transformatsii ustoychivogo razvitiya obshchestva, obrazovaniya i nauki: sbornik materialov X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva, 26 iyunya 2023 goda* [Modern Strategies and Digital Transformations of the Sustainable Development of Society, Education and Science. Collection of articles of the 10th International Scientific and Practical Conference. Moscow, June 26, 2023]. Moscow, OOO «Izdatelstvo ALEF», 2023, pp. 54–63. (In Russ.).
7. Titova E. S., Shishkin S. S. Aktualnye problemy bioekonomiki, rol postgenomnykh distsiplin [Current Problems of Bioeconomy, the Role of Post-Genomic Disciplines]. Moscow, VASH FORMAT, 2023. (In Russ.).
8. Titova E. S., Shishkin S. S. Vaktsiny kak produkt promyshlennykh biotekhnologiy i osoby tovar na mezhdunarodnom rynke biofarmpreparatov [Vaccines as a Product of Industrial Biotechnologies and a Special Commodity in the International Biopharmaceuticals Market]. *Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika* [International Trade and Trade Policy], 2023, Vol. 9, No. 3 (35), pp. 87–100. (In Russ.).

9. Aguilar A., Bochereau L., Matthiessen L. Biotechnology as the Engine for the Knowledge-Based Bio-Economy. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, 2010, Vol. 26, pp. 371–388.
10. Aguilar A., Twardowski T., Wohlgemuth R. Bioeconomy for Sustainable Development. *Biotechnology Journal*, 2019, Vol. 14 (8).
11. Cao H., Ou H., Ju W., Pan M., Xue H., Zhu F. Visual Analysis of International Environmental Security Management Research (1997–2021) Based on VOSviewer and CiteSpace. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, Vol. 20 (3), p. 2601.
12. Díaz C. A., Albers A., Ezequiel Zamora-Ledezma E., Hamelin L. The Interplay between Bioeconomy and the Maintenance of Long-Term Soil Organic Carbon Stock in Agricultural Soils: A Systematic Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2024, Vol. 189 (A), p. 113890.
13. Eck van N. J., Waltman L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, 2010, Vol. 84 (2), pp. 523–538.
14. Gartland K. M., Bruschi F., Dundar M., Gahan P.B., Viola Magni M., Akbarova Y. Progress Towards the 'Golden Age' of Biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 2013, Vol. 24 (Suppl 1), pp. S6–13.
15. Goh M. S., Lam S. D., Yang Y., Naqiuddin M., Addis S. N. K., Yong W. T. L., Luang-In V., Sonne C., Ma N. L. Omics Technologies Used in Pesticide Residue Detection and Mitigation in Crop. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, Vol. 420, p. 126624.
16. Grassmann J., Scheerle R. K., Letzel T. Functional Proteomics: Application of Mass Spectrometry to the Study of Enzymology in Complex Mixtures. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2012, Vol. 402, pp. 625–645.
17. Knudsen E. S., Lien L. B. The Half-Life of Knowledge and Strategic Human Capital. *Human Resource Management Review*, 2023, Vol. 33 (4), p. 100989.
18. Kwon C. Y. Research Trends of Pharmacopuncture: a Bibliometric Analysis Using VOSviewer (2007–2023). *Journal of Pharmacopuncture*, 2023, Vol. 26 (3), pp. 227–237.
19. Naresh Kumar A., Sarkar O., Chandrasekhar K., Raj T., Narisetty V., Mohan S. V., Pandey A., Varjani S., Kumar S., Sharma P., Jeon B. H., Jang M., Kim S. H. Upgrading the Value of Anaerobic Fermentation Via Renewable Chemicals Production: A Sustainable Integration for Circular Bioeconomy. *Science of the Total Environment*, 2022, Vol. 806 (Pt. 1), p. 150312.
20. Sundaram T., Rajendran S., Gnanasekaran L., Rachmadona N., Jiang J. J., Khoo K. S., Show P. L. Bioengineering Strategies of Microalgae Biomass for Biofuel Production: Recent Advancement and Insight. *Bioengineered*, 2023, Vol. 14 (1), p. 2252228.
21. Wandzich D. E., Plaza G. A. New and Emerging Risks Associated With “Green” Workplaces. *Workplace Health & Safety*, 2017, Vol. 65 (10), pp. 493–500.
22. Zhang Y., Li S., Wang X., Wu W. Research on Human Capital and Energy Development Caused by Decarbonization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2023, Vol. 187, p. 113720.

Сведения об авторе

Екатерина Сергеевна Титова

кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института развития образования РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 109992, Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: Titova.ES@rea.ru

Information about the author

Ekaterina S. Titova

PhD, Leading Researcher at the Scientific Research Institute for Educational Development of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 109992, Russian Federation.
E-mail: Titova.ES@rea.ru