

Технологии информационного общества

АНАЛИЗ НАУЧНОГО И ПАТЕНТНОГО ЛАНДШАФТОВ СОВРЕМЕННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И СЫРЬЯ

Статья рекомендована Т.В. Ершовой 5.12.2019.

Отмахова Юлия Сергеевна

*Кандидат экономических наук
ЦЭМИ РАН, лаборатория компьютерного моделирования социально-экономических процессов,
ведущий научный сотрудник
Новосибирский государственный университет, лаборатория «Исследовательский центр
продовольственной безопасности», заведующая лабораторией
Новосибирск, Российская Федерация
otmakhovajs@yandex.ru*

Девяткин Дмитрий Алексеевич

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, отдел «Интеллектуальные технологии и системы», научный сотрудник
Москва, Российская Федерация
devyatkin@isa.ru*

Крескин Алексей Дмитриевич

*ООО «Технологии системного анализа», программист
Москва, Российская Федерация
kreskin@tesyan.ru*

Усенко Наталья Ивановна

*Кандидат экономических наук, доцент
Новосибирский государственный университет, лаборатория «Исследовательский центр
продовольственной безопасности», ведущий научный сотрудник
Новосибирск, Российская Федерация
otmakhovajs@yandex.ru*

Аннотация

В современных условиях возникает необходимость в разработке новых подходов к оценке научно-технологических заделов и игроков на внутреннем и мировом рынке технологий. В рамках исследования использовались современные информационные технологии и методы полнотекстового поиска, анализа публикаций и патентного анализа российских и зарубежных патентов, которые позволили выявить ключевые центры компетенции по радиационным технологиям облучения пищевых продуктов и сырья и оценить распределение научно-технологических заделов по анализируемым технологиям. В статье представлены подходы по построению научного и патентного ландшафтов современных радиационных технологий облучения пищевых продуктов для оценки существующего научно-технологического потенциала по расширению экспортных поставок продовольствия. В качестве инструмента для оценки мировых патентных и научных заделов использовались инструменты Scopus и LexisNexis, а для анализа заделов в США и России – система ИАС «Приоритеты».

Ключевые слова

экспортный потенциал, продовольственная безопасность, пищевые продукты, ионизирующее облучение, интеллектуальный анализ данных, патентный ландшафт, семантический поиск

© Отмахова Ю.С., Девяткин Д.А., Крескин А.Д., Усенко Н.И., 2020. Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях» Всемирная 4.0 (Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 4.0 International; CC BY-NC-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.ru>

Введение

Согласно Стратегии научно-технологического развития России до 2035 года одним из наиболее значимых с точки зрения научно-технологического развития Российской Федерации большими вызовами является потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России и конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, а также снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе. По данным ФАО ООН ежегодно в мире пропадает примерно треть всех произведенных продуктов питания (1,3 млрд тонн). Основные причины потерь (до 40%) связаны с поражением насекомыми-вредителями, бактериальной порчей мяса, рыбы и других продуктов питания, преждевременным прорастанием корнеплодов при хранении и т.п. [1].

Одной из перспективных технологий для решения вышеобозначенных проблем может стать применение радиационных технологий облучения продуктов питания и пищевого сырья [2]. В основе технологии радиационной обработки лежит облучение различных материалов заряженными частицами. Ионизирующее излучение воздействует на молекулярные структуры, меняя их свойства, и позволяет уничтожить болезнетворные микроорганизмы; проводя обеззараживание, приостановить биологические процессы в продуктах питания, увеличивая срок их годности. По сравнению с химической обработкой, облучение гораздо безопаснее, так как позволяет избежать применения консервантов, фумигантов и других химических препаратов или резко снизить их количество; в продуктах практически не остается химических реагентов, а значит, вред для здоровья людей и влияние на окружающую среду сводятся к минимуму [3, 4]. С помощью облучения можно задерживать процессы прорастания клубней и замедлять созревание овощей и фруктов, а также стимулировать рост семян, увеличивая урожайность. Радиационные технологии используются в качестве карантинной меры при международной торговле, позволяя избежать распространения вредоносных микроорганизмов.

Применение технологий облучения пищевых продуктов способствует расширению рынков сбыта продуктов питания за счет увеличения срока годности и улучшения параметров безопасности, а также способствует росту рынка радиационных установок для облучения пищи. Сегодня в мире функционирует около 500 центров по облучению, примерно 90% из которых, расположены в Азиатско-Тихоокеанском регионе и в Китае [5].

По оценкам экспертов, мировой рынок услуг по облучению продуктов питания и сельскохозяйственной продукции к 2020 году достигнет более чем 4,8 млрд долл. В последние годы только на рынке Юго-Восточной Азии объемы пищевых продуктов, обработанных с целью продления срока хранения, увеличились с 2010 г. в три раза и продолжают расти на уровне 15-20% в год [6].

Радиационная обработка пищевых продуктов является конкурентоспособной по стоимости в сравнении с иными способами дезинфекции и продления сроков хранения [7]. По данным Американского общества по ядерным технологиям (American Nuclear Society), стоимость низкодозной обработки 1 т продуктов составляет от 10 до 15 долл. США, высокодозной – от 100 до 250 долл. В частности, при обработке фруктов стоимость облучения на 10-20% меньше, чем стоимость альтернативной технологии – высокотемпературной обработки паром [8].

Внедрение технологий ионизирующего облучения могут обеспечить условия для соблюдения практически всех фитосанитарных норм, принятых в мире, и таким образом послужить фактором увеличения доходов страны от экспортных поставок. Радиационные технологии вносят значительный вклад в развитие мировой экономики. С точки зрения перспективы расширения зоны применения радиационные технологии сопоставимы с электроникой и информационными технологиями или нанотехом (МАГАТЭ).

В настоящее время такие отрасли экономики, как пищевая промышленность и сельское хозяйство, занимают третье место на мировом рынке радиационных технологий неэнергетического профиля. Объединенный комитет экспертов ФАО, МАГАТЭ и ВОЗ в 1981 г. пришел к выводу о том, что облучение любого пищевого продукта с дозами, не превышающими 10 кГр, не вызывает токсического действия. Для радиационной обработки пищевых продуктов разрешено применять Codex Alimentarius (Кодекс Алиментариус), который разработан Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН совместно с Всемирной Организацией здравоохранения [9]. При этом электронные ускорители генерируют излучение только при подключении к электропитанию, выключенная установка полностью безопасна, в то время как установки гамма-

излучения требуют особых условий утилизации. В работе [10] отмечается, что наиболее перспективные направления дальнейшего развития работ в области облучения пищевых продуктов состоят в применении ионизирующего излучения.

В условиях развивающегося рынка радиационных технологий можно выделить новые сегменты, такие как системы контроля качества пищевой продукции, системы обработки продуктов питания для сельскохозяйственных производств, новое поколение технологий продления сроков хранения пищевой продукции, повышение эффективности (повышение всхожести семян, формирование безотходных циклов производства, переработка и обеззараживание отходов). Использование технологий облучения может применяться для улучшения вкусовых характеристик некоторых пищевых продуктов. Так, китайские исследователи проводили серию экспериментов с облучением продуктов и было выявлено, что молодое вино после облучения приобретает свойства выдержанного (происходит процесс «старения» вина) [11], российские ученые отмечают улучшение органолептических свойств при производстве пшеничного хлеба (по методике пробной выпечки) [12].

В настоящее время облучение более 80 видов продукции разрешено в 69 странах и проводится в 40 странах [13].

Исследованию текущего состояния и перспектив развития технологий обработки пищевых продуктов с использованием ионизирующего излучения посвящены обзоры, составленные экспертами на основе анализа научных публикаций, статистик, результатов экспериментов, проводимых международными и государственными организациями. Например, в исследовании [14] приведен подробный обзор применения излучения для продления сроков хранения продуктов, выполненный путем опроса большого количества экспертов и анализа статистических отчетов. В этой работе отмечен рост применения излучения, полученного с помощью ускорителей частиц, начиная с 1990-х годов, и наличие задела у РФ в этой области.

Помимо продления сроков хранения, ионизирующее излучение активно применяется для изменения потребительских свойств продуктов. Обзор исследований в этой области приведен в работе [15].

Большинство публикаций в области применения ионизирующего излучения на рынке продовольствия посвящены выявлению продуктов, которые могут быть безопасно подвергнуты подобной обработке, и оценке влияния излучения на потребительские свойства продуктов, а также выявлению регионов и стран-лидеров в данной области. Однако исследований самой области «ионизирующее облучение пищевых продуктов» с применением инструментов и средств формирования научных и патентных ландшафтов, которые могли бы помочь выявить центры компетенции, перспективы и динамику развития области, ранее не проводилось.

Вместе с тем, в современных условиях возникает необходимость в новых подходах к оценке научных заделов и игроков на внутреннем и мировом рынке технологий облучения. Одним из средств анализа и представления результатов патентных исследований с использованием инновационных технологий визуализации является создание патентных ландшафтов, а само создание патентного ландшафта – патентное картирование – включает статистический и интеллектуальный анализ патентных документов с целью составления картины как с точки зрения отражения уровня технологий, так и существующее положение дел в области защиты интеллектуальной собственности научно-технических разработок в определенной области в рамках отдельной страны или мира. Данный подход позволяет выявить уникальную информацию, содержащуюся в патентных документах, и позволяет получить наиболее объективные данные о современном состоянии областей науки и перспектив их развития для целостного понимания технических и конкурентных тенденций на рынке или в конкретном техническом пространстве.

Для построения научных и патентных ландшафтов, как правило, совместно используется несколько инструментов для решения задач научной аналитики и мониторинга: Web of Science (WoS), Scopus, SciVal, InCites, Derwent Innovations, Questel Orbit Intelligence, Digital Science Dimensions, РИНЦ/eLIBRARY, ФИПС, Google Scholar/Patent и другие. Эти системы специализируются на анализе научной (научные статьи) и технологической (патенты и интеллектуальная собственность на объекты правовой охраны) информации.

С технической точки зрения, большая часть перечисленных систем работает с метаинформацией документов, не используя методы анализа полных текстов. Вместе с тем в российских [16] и зарубежных инструментах [17] постепенно внедряются алгоритмы поиска и

сопоставления документов по тематике, автоматического выделения ссылок и списков литературы [18, 19].

Ранее эти и подобные инструменты уже применялись для анализа исследований в области продовольственной и лекарственной безопасности, выработаны методики и подходы к их применению [20], использования антиоксидантов [21] сельского хозяйства в целом [22].

В настоящей работе подобные подходы будут использоваться для анализа технологий ионизирующего облучения для обработки пищевых продуктов. Целью исследования является построение научного и патентного ландшафтов современных радиационных технологий облучения пищевых продуктов для оценки существующего научно-технологического потенциала по расширению экспортных поставок продовольствия.

В качестве объектов анализа были выбраны технологии и исследования, связанные с применением метода электронного облучения и гамма-облучения для обеззараживания и продления сроков хранения пищевых продуктов. Выбор электронно-лучевых технологий облучения (electron beams) объясняется тем, что в настоящее время такое облучение рассматривается экспертами как наиболее перспективная и безопасная технология применения излучения для продления сроков хранения пищи, так как ее применение не приводит к появлению наведенной радиоактивности обрабатываемых продуктов [23]. Гамма-излучение было включено в анализ, так как технологии с его использованием были апробированы в области обработки пищевых продуктов одними из первых.

Совместное использование методов и средств полнотекстового поиска, наукометрического и патентного анализа позволяет выявить ключевые центры компетенции, оценить распределение научно-технологических заделов по анализируемым направлениям и динамику их развития, что может служить одним из важных количественных индикаторов явлений, которые трудно измерить, включая инновации, распространение знаний, сотрудничество и технологическое пространство.

Методы и инструментарий анализа

Для наукометрического и патентного анализа в предлагаемом нами подходе были выбраны две основные технологии ионизирующего облучения пищевых продуктов (электронно-лучевая технология обработки и гамма-облучение). При идентификации этих научно-технологических направлений использовались списки ключевой лексики, однозначно характеризующие рассматриваемые технологии: в поисковых запросах лексика, характерная для технических средств генерации излучения, всегда комбинировалась с лексикой, относящейся к области применения, а именно к пищевым продуктам. Для формирования указанных списков ключевой лексики использовался метод [24], программная реализация которого входит в состав системы ИАС «Приоритеты»¹. Для поиска по зарубежным источникам использовались англоязычные аналоги ключевых слов и словосочетаний.

Для наукометрического анализа научных публикаций, посвященных рассматриваемым технологиям, была использована цитатная база Scopus, которая содержит наиболее релевантный набор метаданных научных публикаций. Эта база содержит записи статей только значимых и влиятельных научных изданий. В качестве временного интервала для анализа был выбран период 2000-2018 гг., поскольку именно в этот период наблюдался наиболее бурный рост публикаций, связанных с исследуемыми в данной работе направлениями.

В качестве инструмента для оценки мировых патентных заделов использовалась система LexisNexis, а для анализа заделов в США и России – система ИАС «Приоритеты».

Результаты и обсуждение

В рамках исследования была получена матрица патентной и публикационной активности по выделенным технологиям, представленная в табл. 1.

¹ <http://priorities.isa.ru/>

Таблица 1. Объем научных и технологических заделов по направлениям «Электронное облучение» и «Гамма облучение»

	Электронное облучение	Гамма-облучение
Патенты РФ (ФИПС)	27	5
Патенты США (USPTO)	1044	1391
Патенты Мир (Lexis Nexis)	15370	10015
Публикации Scopus	660	1003

Анализ российских патентов, доступных в базе Федерального института промышленной собственности (ФИПС), показал, что наибольшие заделы в РФ имеются по технологиям применения электронного излучения. В мировых и американских патентах, а также в базе данных Scopus преобладают заделы по использованию метода электронного облучения. В большой степени это связано с бурным развитием технологии, поскольку электронные ускорители генерируют излучение только при подключении к электропитанию, выключенная установка полностью безопасна, в то время как установки гамма-излучения требуют особых условий утилизации.

Важным результатом исследования авторов является полученная детальная оценка патентной и публикационной активности по выделенным технологиям. Для оценки научно-технических заделов с помощью систем ИАС «Приоритеты» и LexisNexis использовался тот же набор ключевой лексики, что и для анализа публикаций, а анализ патентов по правообладателям проводился на основе данных российской базы патентов ФИПС и базы американских патентов USPTO.

Проведенный в рамках данного исследования анализ зарубежных патентов, доступных в базе ФИПС, показал, что основным патентообладателем технологий электронного облучения пищевых продуктов в РФ является компания «Хyleco Inc» (США) (рис. 1).



Рисунок 1. Основные правообладатели патентов по электронному облучению по данным ФИПС

Второе место по числу патентов занимает Россельхозакадемия, остальные патентообладатели имеют не более одного патента по данной технологии облучения.

Анализ зарубежных патентов, доступных в базе USPTO, показал, что топ-3 основных патентообладателей технологий электронного облучения пищевых продуктов является американская компания «Xyleco Inc», компания «Cryovac», компании «Dexcom» (Рисунок 2).



Рисунок 2. Основные правообладатели патентов по электронному облучению по данным USPTO

Компания «Xyleco Inc» имеет около 130 патентов по данным USPTO. При этом необходимо учитывать, что эта компания имеет в портфеле интеллектуальной собственности 5500 патентов и патентных заявок в более чем 100 странах мира [25].

Анализ ежегодного мирового рейтинга портфелей интеллектуальной собственности 2017 года «IEEE Spectrum magazine» показал, что компания Xyleco не просто входит в топ-20 компаний «Patent Power» в сфере биотехнологии и фармацевтики, но и занимает второе место после транснациональной компании «Johnson and Johnson» [26]. При этом основная часть патентов принадлежит частному лицу Маршаллу Медоффу, изобретателю технологий Xyleco, который использовал ускорители электронов альтернативным образом: за счет ионизирующего излучения происходит расщепление растительной биомассы из сельскохозяйственных отходов и высвобождение растительных сахаров, которые компания в дальнейшем использует для производства экологически чистого биотоплива - этанола бензина и реактивного топлива.

Американская компания «Cryovac», выпускающая современные машины по вакуумной упаковке пищевых и промышленных товаров, владеет более 70 патентами на технологии ионизирующего излучения применительно к пищевой продукции. При этом компания особое внимание уделяет правильной упаковке продуктов для последующей обработки ионизирующим облучением с соблюдением требований международных стандартов и регламентов и является лидером по упаковке в данной области.

Проведенный детальный анализ технологий позволит отобрать научные публикации, проиндексированные в базе Scopus за период с 2000 по 2018 годы, а также получить наукометрические показатели: количество цитирований и индексы Хирша авторов (рис. 3 и 4).

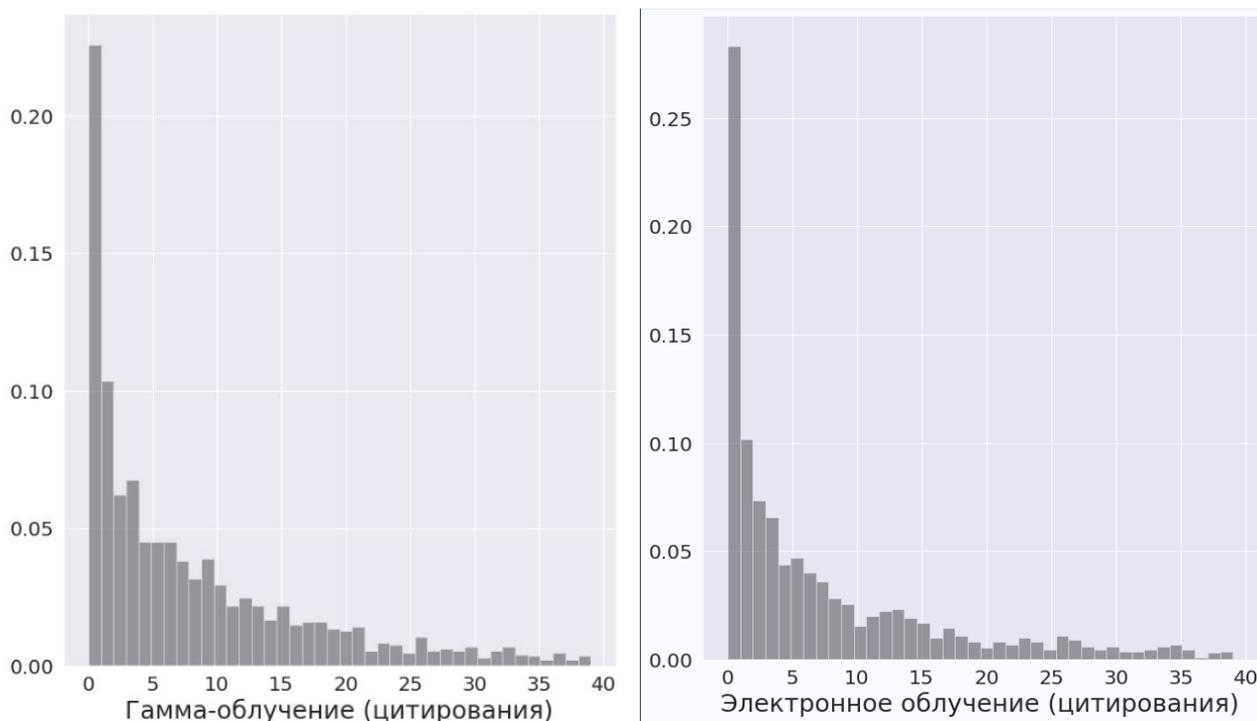


Рисунок 3. Распределение цитирований по технологиям (по данным Scopus)

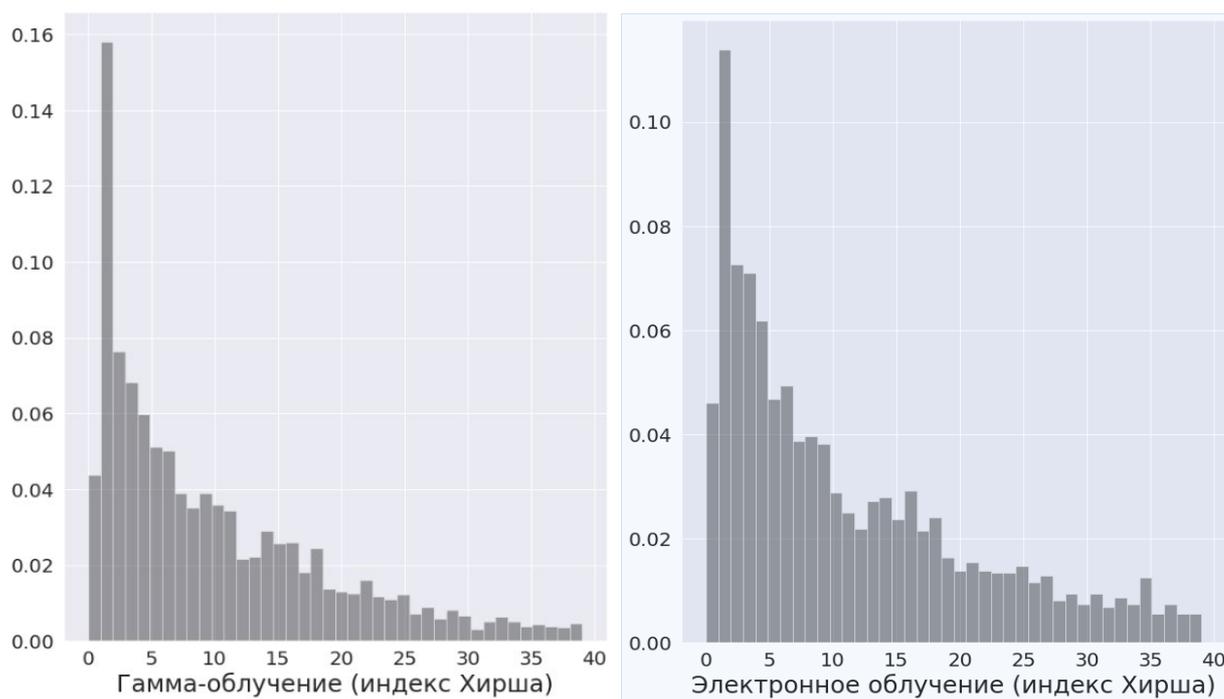


Рисунок 4. Распределение индекса Хирша авторов статей (по данным Scopus)

Анализ наукометрических показателей публикаций с применением критерия Манна-Уитни показал, что статьи, посвященные применению электронного излучения, имеют в среднем меньшее количество цитирований, чем работы, посвященные применению других видов излучения (p -value < 0.007). Представляется, что это связано с относительной новизной этого подхода по сравнению с аналогами, так как значимых различий между индексами Хирша исследователей, работающих в анализируемых областях, выявить не удалось.

В рамках исследования был выполнен анализ мировых центров компетенций в области патентов на специализированное оборудование для электронного облучения, результаты которого представлены на рис. 5.

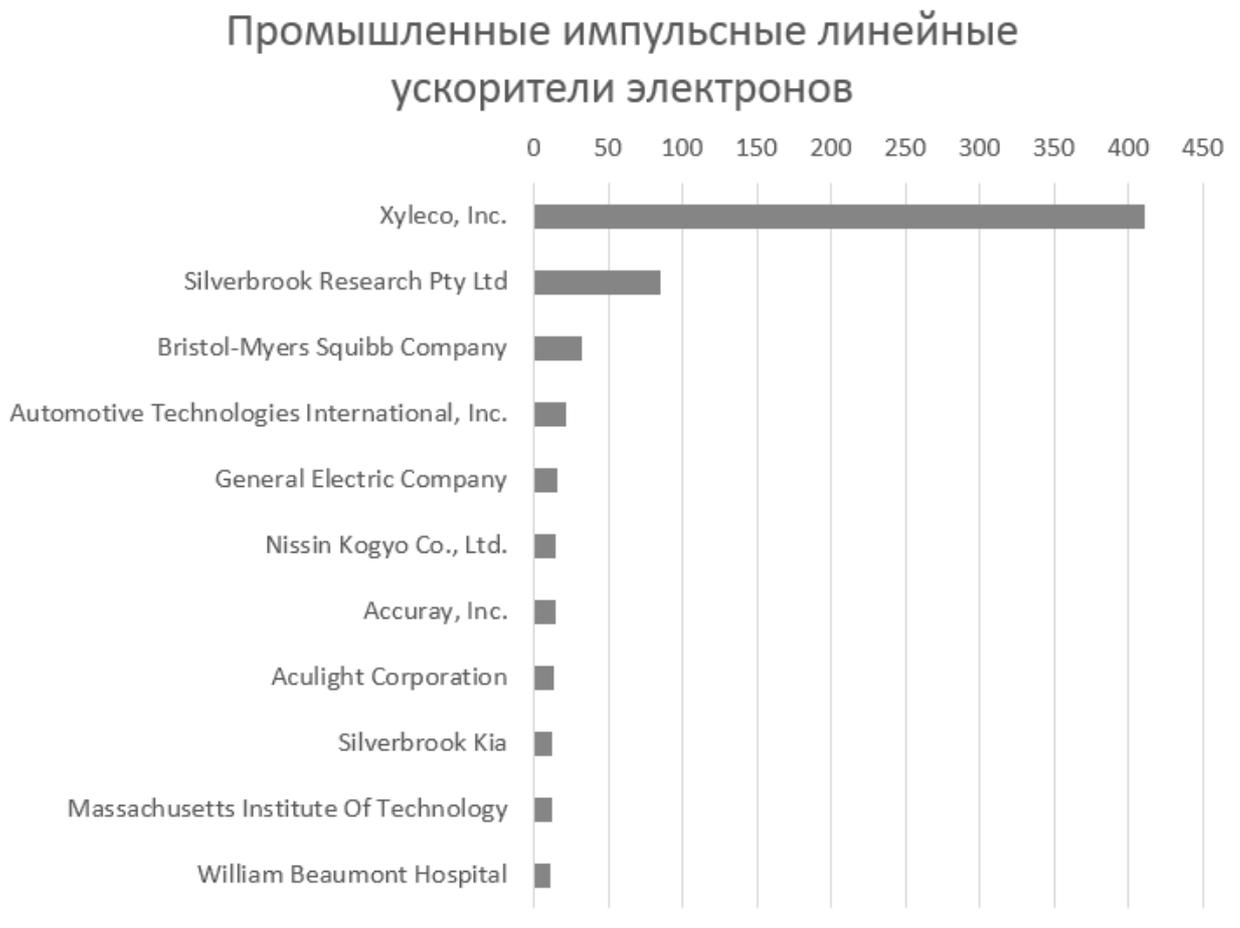


Рисунок 5. Центры технической компетенции (по данным USPTO)

Проведенный анализ патентов на оборудование для электронного облучения показал, что лидирующие позиции с большим отрывом занимает американская компания «Xyleco Inc», которая имеет более 400 патентов в этой области. Затем следует «Silverbrook Research Pty Ltd», австралийское предприятие, специализирующееся на исследованиях, новых разработках и лицензировании изобретений, которое владеет около 90 патентов. Основатель компании Киа Силвербрук считается одним самым продуктивным изобретателем в мире и имеет около 5000 американских патентов и около 10000 патентов в мире. Далее следует американская биотехнологическая и фармацевтическая компания «Bristol-Myers Squibb Company», число патентов которой по исследуемой области не превышает 25 патентов.

Характеризуя полученные результаты, необходимо отметить, что в период 1960-1970 гг. произошло формирование центров «первичных компетенций» в радиационных технологиях на базе научно-исследовательских институтов и были получены знания о природе воздействия различных типов излучений на живую и неживую материю. Так, руководитель Института ядерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, академик Г. И. Будкер, в 1969 г. отмечал, что «до сих пор ускорители, как правило, делались для исследовательских целей — для изучения строения материи. Однако в проникающей радиации таятся большие практические возможности. Смертоносное действие определенных доз радиации на бактерии и насекомых можно использовать для дезинсекции и дезинфекции зерна, стерилизации медикаментов, консервирования пищевых продуктов, обеззараживания сточных вод».

Дальнейшее развитие исследований в России по применению ионизирующего облучения для обработки пищевых продуктов проходило в рамках непрофильного направления деятельности

и во многом объясняет отсутствие у Института ядерной физики СО РАН оформленной интеллектуальной собственности в виде патентов. Отсутствие государственной программы развития и внедрения радиационных технологий неэнергетического профиля, несовершенство нормативно-правовой базы привело к появлению новых игроков рынка за счет создания более дешевых промышленных ускорителей китайского производства, при этом сам процесс копирования российских установок с использованием подходов обратного инжиниринга потребовал более 15 лет.

Анализ в БД Scopus показал, что основными странами-лидерами в области исследований по применению электронного облучения в мире являются США, Бразилия и Индия, при этом на территории этих стран расположены основные центры компетенций по данной технологии. Место России на научном ландшафте в целом сопоставимо со странами Европы, а основные центры компетенций располагаются в Институте ядерной физики Сибирского отделения РАН, МИФИ и МГУ (рис.6).



Рисунок 6. Страны-лидеры (сверху) и основные научные центры (снизу), исследующие применение электронного облучения при производстве пищевых продуктов и сырья (по данным Scopus)

Россия не относится к странам, в которых значительно выделяются исследования по применению гамма-излучения при производстве пищевых продуктов и сырья, а лидерами по данной тематике на научном ландшафте являются такие страны как США, Бразилия, Индия, Южная Корея и Египет (рис. 7).

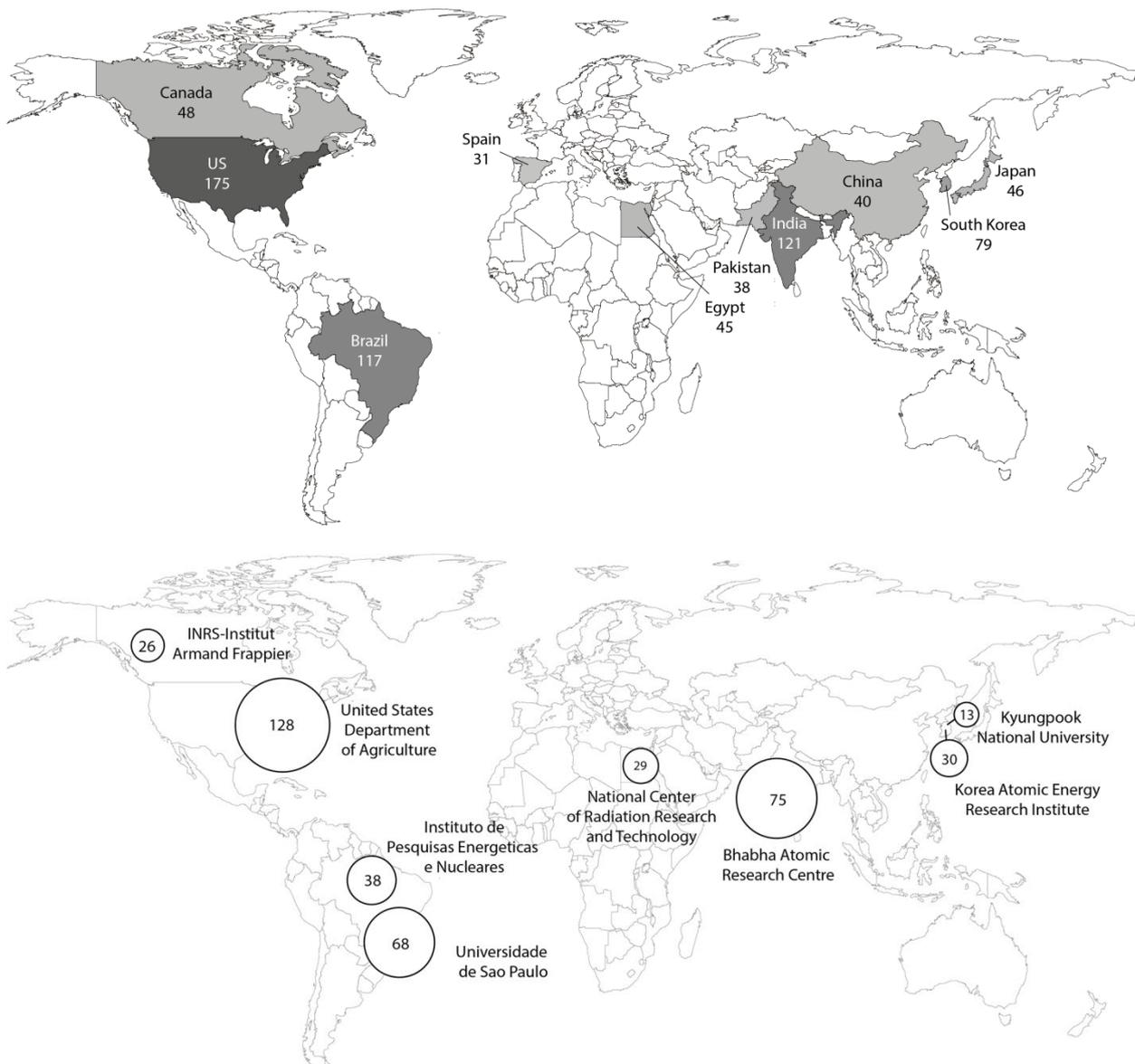


Рисунок 7. Страны-лидеры (сверху) и основные научные центры (снизу), исследующие применение гамма облучения при производстве пищевых продуктов и сырья (по данным Scopus)

Заключение

Проведенный анализ патентного ландшафта по базам российских патентов ФИПС, американских патентов USPTO и международных патентов LexisNexic в области применения современных технологий облучения пищевых продуктов и сырья демонстрирует высокий интерес к использованию электронного облучения: это подтверждает значительное количество патентов по данной технологии в каждой вышеуказанной базе. Наукометрический анализ публикаций по электронному облучению позволил выявить основные центры компетенций и место России в научном ландшафте, сопоставимое со странами Европы. Согласно российскому законодательству, с 2016 г. разрешается применение электронного облучения, что может стимулировать как рост интереса исследователей к данной тематике, так и вызовет необходимость в защите возникающей интеллектуальной собственности.

На наш взгляд, особенности существующего технологического этапа, которые сопровождаются бурным развитием аддитивных технологий и роботизированных производств, обусловили сложившуюся практику по защите собственности в интеллектуальной сфере и к особой специфике высокотехнологической сферы бизнеса, в которой может возникать ситуация, когда

отсутствует возможность использования существующих форм защиты интеллектуальной собственности, предлагаемые институтом патентного права. В России активно идет процесс формирования новых форм защиты интеллектуальной собственности в области наукоемкого бизнеса. Рассматривается вопрос о патентовании 3D моделей и использования смарт-контрактов, что может привести к увеличению патентов и патентных заявок в различных сферах применения радиационных технологий.

В настоящее время происходит постоянный рост потока экспорта пищевых продуктов, идет трансформация процессов потребления продуктов питания и смещение центров потребления в страны Юго-Восточной Азии. В этих условиях происходящее существенное удешевление стоимости промышленных ускорителей на фоне совершенствования стандартов качества на международном уровне может способствовать более широкому применению радиационных технологий обработки пищевых продуктов. Внедрение такой современной технологии, как ионизирующее облучение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, могут обеспечить условия для соблюдения всех фитосанитарных норм, принятых в мире, что, на наш взгляд, может послужить фактором увеличения доходов страны от экспортных поставок и поможет завоевать новые рынки, открывающиеся при использовании радиационных технологий. Необходима разработка программы по комплексному внедрению радиационных технологий неэнергетического профиля и их встраивания в качестве обязательной инфраструктурной компоненты в технологические процессы производства, переработки и хранения продукции в регионах России. Результаты исследования важны для оценки возможностей и условий использования ионизирующего облучения для дальнейшего применения в сельском хозяйстве, пищевой и перерабатывающей промышленности России в целях расширения внутреннего и экспортного потенциала страны.

Благодарности

Исследование поддержано грантом РФФИ № 16-29-12877.

Литература

1. Akram, K., Ahn, J. J., and Kwon, J. H. (2012). Analytical methods for the identification of irradiated foods. In: *Ionizing Radiation: Applications, Sources and Biological Effects*, pp. 1–36. Belotserkovsky, E., and Ostaltsov, Z., Eds., Nova Science Publishers, New York.
2. Roberts, P.B. Food irradiation is safe: Half a century of studies. *Radiation Physics and Chemistry*, 2014, vol.105, pp. 78-82. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2014.05.016
3. Ehlermann D.A.E. Safety of food and beverages: safety of irradiated foods. In: Motarjemi, J. (ed.), *Encyclopedia of Food Safety, Vol. 3 Foods, Materials, Technologies and Risks 3* New York: Academic Press, Elsevier, 2014 pp. 447–452. DOI:10.1016/B978-0-12-378612-8.00305-X
4. Farkas J., Ehlermann D.A.E., and Mohácsi-Farkas Cs. Food technologies: food irradiation. In: Motarjemi, Y. (Ed.), *Encyclopedia of Food Safety, vol. 3 Foods, Materials, Technologies and Risks 3* New York: Academic Press, Elsevier, 2014, pp. 178–186. DOI:10.1016/B978-0-12-378612-8.00259-6
5. Bustos-Griffin, E., Hallman, G. J., and Griffin R. L. (2012). Current and potential trade in horticultural products irradiated for phytosanitary purposes. *Radiat. Phys. Chem.* 81: 1203–1207.
6. Ihsanullah I., Rashid A. Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries // *Food Control*. – 2017. – Т. 72. – С. 345-359.
7. Kume T. et al. Quantity and Economic Scale of Food irradiation in the world // *Food irradiation*. 2008. № 1–2. V. 43. P. 46–54 Kume T., Todoriki S. Food Irradiation in Asia, the European Union and the United States: a status up-date // *Radioisotopes*. 2013. V. 62. P. 291–299.
8. Saravacos G., Kostaropoulos A. E. Equipment for novel food processes // *Handbook of Food Processing Equipment*. – Springer, Cham, 2016. – С. 605-643.
9. Codex (2003). General standard for irradiated foods. Codex Stan 106–1983, Rev. 1–2003. Codex Alimentarius Commission Rome.
10. Farkas J., Mohácsi-Farkas C. History and future of food irradiation // *Trends in Food Science & Technology*. – 2011. – Т. 22. – №. 2-3. – С. 121-126.

11. Chen Y. et all. Effects of aging-acceleration by electric field on free amino acid of claret // LIQUOR MAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY. – 2004. – С. 80-81.
12. Усенко Н.И., Отмахова Ю.С., Брызгин А.А. Возможности и условия применения технологии ионизирующего облучения зерна пшеницы и муки // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Обнинск, 26-28 сент. 2018 г.) / [ред. кол.: Н.И. Санжарова (науч. ред.), О.А. Шубина (отв. ред.), Е.В. Гордиенко, Р.А. Микаилова, С.И. Санжарова] ; Рос. акад. наук, М-во науки и высшего обр. РФ, Всерос. науч.-исслед. ин-т радиологии и агроэкологии, Ин-т ядерной физ. им. Г.И. Будкера СО РАН, Ин-т общей физики им. А.М. Прохорова РАН. - Обнинск : ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. - С. 234-238.
13. AEA Nucleus (2012). Food Irradiation Clearances Database. Availableat: <http://www.nucleus.iaea.org/FICDB/browse.aspx>. Datelastaccessed: October 14, 2012 Bustos-Griffin et all., 2012; IAEA, 2012.
14. Kume T. et all. Status of food irradiation in the world // Radiation Physics and Chemistry. – 2009. – Т. 78. – №. 3. – С. 222-226.
15. Kuan Y. H. et all. Radiation processing of food proteins–A review on the recent developments // Trends in Food Science & Technology. – 2013. – Т. 30. – №. 2. – С. 105-120
16. Sokolov I. A. et al. On Creating a National System for Identifying Research and Development Priorities // Scientific and Technical Information Processing. – 2019. – Т. 46. – №. 1. – С. 14-19.
17. Evolution and future trends in global research on cadastre: a bibliometric analysis Polat, Z.A. GeoJournal (2019) 84: 1121
18. Tang J. et all. Patent Miner: topic-driven patent analysis and mining // Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. – ACM, 2012. – С. 1366-1374.][Cao Y., Fan J., Li G. A user-friendly patent search paradigm // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2013. – Т. 25. – №. 6. – С. 1439-1443.
19. Kousha K., Thelwall M. Patent citation analysis with Google // Journal of the Association for Information Science and Technology. – 2017. – Т. 68. – №. 1. – С. 48-61.
20. Slikker Jr W. et all. Emerging technologies for food and drug safety // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2018. – Т. 98. – С. 115-128.
21. Andy Wai Kan Yeung, Nikolay T. Tzvetkov, Osama S. El-Tawil, Simona G. Bungău, Mohamed M. Abdel-Daim, and Atanas G. Atanasov, "Antioxidants: Scientific Literature Landscape Analysis," Oxidative Medicine and Cellular Longevity, vol. 2019, Article ID 8278454, 11 pages, 2019
22. Devyatkin D. et all. Mapping the Research Landscape of Agricultural Sciences // Форсайт. – 2018. – Т. 12. – №. 1 (eng)
23. Derakhshan Z. et all. Survey on the effects of electron beam irradiation on chemical quality and sensory properties on quail meat // Food and chemical toxicology. – 2018. – Т. 112. – С. 416-420
24. Девяткин Д. А., Суворов Р. Е., Соченков И. В. Метод тематической кластеризации масштабных коллекций научно - технических документов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2013. – №. 1. – С. 33-42.
25. Портфолио компании «Ксилеко». URL: <https://www.xyleco.com/2018/04/09/xylecos-intellectual-property-portfolio-now-exceeds-5000-patents-patent-applications> (дата обращения 14.11.2019).
26. Патентные портфолио ведущих мировых компаний Interactive: Patent Power 2017. URL: <https://spectrum.ieee.org/static/interactive-patent-power-2017> (дата обращения 14.11.2019).

METHODOLOGY FOR THE SCIENTIFIC AND PATENT LANDSCAPING OF MODERN FOOD IRRADIATION TECHNOLOGIES

Otmakhova, Yulia Sergeevna

Candidate of economical sciences

Central Economic Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, leading researcher

Novosibirsk State University, Head of Food Security Research Center

Novosibirsk, Russian Federation

otmakhovajs@yandex.ru

Devyatkin, Dmitry Alekseevich

Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences, researcher

Moscow, Russian Federation

devyatkin@isa.ru

Kreskin, Alexey Dmitrievich

Technologies for Systems Analysis LLC, programmer

Moscow, Russian Federation

kreskin@tesyan.ru

Usenko, Natalia Ivanovna

Candidate of economical sciences, associate professor

Novosibirsk State University, Food Security Research Center, leading researcher

Novosibirsk, Russian Federation

otmakhovajs@yandex.ru

Abstract

In the modern world, there is a need to develop new approaches to the assessment of scientific and technological achievements and players in the domestic and global technology market. In the research we used the modern information technologies and methods of full-text search, publication and patent analysis of Russian and foreign patents, which allowed us to identify the key centers of competence for radiation technologies for irradiating food and raw materials and to assess the distribution of scientific and technological reserves for the analyzed technologies. The article presents approaches to the construction of scientific and patent landscapes of modern radiation technologies for food irradiation to assess the existing scientific and technological potential for expanding food export supplies. Scopus and LexisNexis were used as tools for evaluating global patent and scientific reserves; Analysis and Information System "Priorities" was used for analyzing reserves in the United States and Russia.

Keywords

export potential, food security, food, ionizing irradiation, data mining, patent landscape, semantic search

References

1. Akram, K., Ahn, J. J., and Kwon, J. H. (2012). Analytical methods for the identification of irradiated foods. In: *Ionizing Radiation: Applications, Sources and Biological Effects*, pp. 1–36. Belotserkovsky, E., and Ostaltsov, Z., Eds., Nova Science Publishers, New York.
2. Roberts, P.B. Food irradiation is safe: Half a century of studies. *Radiation Physics and Chemistry*, 2014, vol.105, pp. 78–82. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2014.05.016
3. Ehlermann D.A.E. Safety of food and beverages: safety of irradiated foods. In: Motarjemi, J. (ed.), *Encyclopedia of Food Safety, Vol. 3 Foods, Materials, Technologies and Risks 3* New York: Academic Press, Elsevier, 2014 pp. 447–452. DOI:10.1016/B978-0-12-378612-8.00305-X
4. Farkas J., Ehlermann D.A.E., and Mohácsi-Farkas Cs. Food technologies: food irradiation. In: Motarjemi, Y. (Ed.), *Encyclopedia of Food Safety, vol. 3 Foods, Materials, Technologies and Risks 3* New York: Academic Press, Elsevier, 2014. pp. 178–186. DOI:10.1016/B978-0-12-378612-8.00259-6
5. Bustos-Griffin, E., Hallman, G. J., and Griffin R. L. (2012). Current and potential trade in horticultural products irradiated for phytosanitary purposes. *Radiat. Phys. Chem.* 81: 1203–1207.

6. Ihsanullah I., Rashid A. Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries // *Food Control*. – 2017. – Т. 72. – С. 345-359.
7. Kume T. et al. Quantity and Economic Scale of Food irradiation in the world // *Food irradiation*. 2008. № 1–2. V. 43. P. 46–54 Kume T., Todoriki S. Food Irradiation in Asia, the European Union and the United States: a status up-date // *Radioisotopes*. 2013. V. 62. P. 291–299.
8. Saravacos G., Kostaropoulos A. E. Equipment for novel food processes // *Handbook of Food Processing Equipment*. – Springer, Cham, 2016. – С. 605-643.
9. Codex (2003). General standard for irradiated foods. Codex Stan 106–1983, Rev. 1–2003. Codex Alimentarius Commission Rome.
10. Farkas J., Mohácsi-Farkas C. History and future of food irradiation // *Trends in Food Science & Technology*. – 2011. – Т. 22. – №. 2-3. – С. 121-126.
11. Chen Y. et al. Effects of aging-acceleration by electric field on free amino acid of claret // *LIQUOR MAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY*. – 2004. – С. 80-81.
12. Usenko N.I., Otmakhova YU.S., Bryazgin A.A. Vozmozhnosti i usloviya primeneniya tekhnologii ioniziruyushchego oblucheniya zerna pshenitsy i muki // *Radiatsionnyye tekhnologii v sel'skom khozyaystve i pishchevoy promyshlennosti: sostoyaniye i perspektivy* : sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Obninsk, 26-28 sent. 2018 g.) / [red. kol.: N.I. Sanzharova (nauch. red.), O.A. Shubina (otv. red.), Ye.V. Gordiyenko, R.A. Mikailova, S.I. Sanzharova] ; Ros. akad. nauk, M-vo nauki i vysshego obr. RF, Vseros. nauch.-issled. in-t radiologii i agroekologii, In-t yadernoy fiz. im. G.I. Budkera SO RAN, In-t obshchey fiziki im. A.M. Prokhorova RAN. - Obninsk : FGBNU VNIIRAE, 2018. - S. 234-238.
13. AEA Nucleus (2012). Food Irradiation Clearances Database. Availableat: <http://www.nucleus.iaea.org/FICDB/browse.aspx>. Datelastaccessed: October 14, 2012 Bustos-Griffin et al., 2012; IAEA, 2012.
14. Kume T. et al. Status of food irradiation in the world // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2009. – Т. 78. – №. 3. – С. 222-226.
15. KuanY. H. et al. Radiation processing of food proteins–A review on the recent developments // *Trends in Food Science & Technology*. – 2013. – Т. 30. – №. 2. – С. 105-120
16. Sokolov I. A. et al. On Creating a National System for Identifying Research and Development Priorities // *Scientific and Technical Information Processing*. – 2019. – Т. 46. – №. 1. – С. 14-19.
17. Evolution and future trends in global research on cadastre: a bibliometric analysis Polat, Z.A. *GeoJournal* (2019) 84: 1121
18. Tang J. et al. Patent Miner: topic-driven patent analysis and mining // *Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. – ACM, 2012. – С. 1366-1374.][Cao Y., Fan J., Li G. A user-friendly patent search paradigm // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. – 2013. – Т. 25. – №. 6. – С. 1439-1443.
19. Kousha K., Thelwall M. Patent citation analysis with Google // *Journal of the Association for Information Science and Technology*. – 2017. – Т. 68. – №. 1. – С. 48-61.
20. Slikker Jr W. et al. Emerging technologies for food and drug safety // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. – 2018. – Т. 98. – С. 115-128.
21. Andy Wai Kan Yeung, Nikolay T. Tzvetkov, Osama S. El-Tawil, Simona G. Bungău, Mohamed M. Abdel-Daim, and Atanas G. Atanasov, “Antioxidants: Scientific Literature Landscape Analysis,” *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2019, Article ID 8278454, 11 pages, 2019
22. Devyatkin D. et al. Mapping the Research Landscape of Agricultural Sciences // *Форсайт*. – 2018. – Т. 12. – №. 1 (eng)
23. Derakhshan Z. et al. Survey on the effects of electron beam irradiation on chemical quality and sensory properties on quail meat // *Food and chemical toxicology*. – 2018. – Т. 112. – С. 416-420
24. Devyatkin D. A., Suvorov R. Ye., Sochenkov I. V. Metod tematicheskoy klasterizatsii masshtabnykh kollektsey nauchno - tekhnicheskikh dokumentov // *Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy*. – 2013. – №. 1. – S. 33-42.
25. Portfolio kompanii «Ksileko». URL: <https://www.xyleco.com/2018/04/09/xylecos-intellectual-property-portfolio-now-exceeds-5000-patents-patent-applications> (data obrashcheniya 14.11.2019).
26. Patentnyye portfolio vedushchikh mirovykh kompaniy Interactive: Patent Power 2017. URL: <https://spectrum.ieee.org/static/interactive-patent-power-2017> (data obrashcheniya 14.11.2019).