

Цифровая экономика**МЕТОДЫ ПАТЕНТНОГО И ПУБЛИКАЦИОННОГО ЛАНДШАФТА ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ**

Статья рекомендована к публикации членом редакционного совета С. Б. Шапошником 14.11.2024.

Отмахова Юлия Сергеевна

Кандидат экономических наук

Центральный экономико-математический институт РАН, лаборатория компьютерного моделирования социально-экономических процессов, ведущий научный сотрудник

Москва, Российская Федерация

otmakhovajs@yandex.ru

Девяткин Дмитрий Алексеевич

Кандидат физико-математических наук

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, заведующий отделом интеллектуальных технологий и систем

Москва, Российская Федерация

devyatkin@isa.ru

Усенко Наталья Ивановна

Кандидат экономических наук

ООО «Технологии системного анализа», ведущий научный сотрудник

Москва, Российская Федерация

n.i.usenko@yandex.ru

Аннотация

На современном мировом агропродовольственном рынке активно развиваются интеллектуальные и цифровые технологии в области систем орошения. В условиях санкций в отношении России обострилась проблема выделения приоритетов технологического развития в условиях ограниченных бюджетных средств и необходимости обеспечения процесса импортозамещения на рынке современной дождевальной техники. В работе представлены результаты использования методов патентного и публикационного ландшафта для определения российских центров компетенций в области технологий орошения и разработки систем управления орошением нового поколения на основе интеллектуальных алгоритмов и цифровых технологий в агропродовольственной сфере. Авторами исследования сформирована коллекция из 2,2 тысяч полнотекстовых документов (патенты, научные публикации, авторефераты) за период 2007–2022 гг. Полученные результаты исследования могут быть использованы при определении необходимых мер государственной поддержки для формирования вектора развития цифровых систем орошения с учетом глобальных технологических трендов и обеспечения эффективного агропроизводства.

Ключевые слова

цифровые технологии; интеллектуальные системы управления орошением; дождевальная техника нового поколения; патентный ландшафт; импортозамещение; агропродовольственный комплекс

Введение

В условиях санкций в отношении России обострилась проблема выделения приоритетов технологического развития в условиях ограниченных бюджетных средств и необходимости

© Отмахова Ю. С., Девяткин Д. А., Усенко Н. И., 2024

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>

https://doi.org/10.52605/16059921_2024_06_28

замены поставщиков оборудования и комплектующих. На агропродовольственном рынке России возникли проблемы с поставками и обслуживанием современной дождевальной техники. В настоящее время актуализирован поиск направлений и возможностей повышения экономической эффективности эксплуатации сельскохозяйственных земель в России в условиях необходимости обеспечения импортозамещения по дождевальной технике нового поколения. На современном мировом агропродовольственном рынке активно развиваются интеллектуальные и цифровые технологии в области систем орошения, которые позволяют выйти на новый уровень производительности и экономической эффективности. Исследования показывают, что инновационное применение цифровых технологий в сельском хозяйстве позволяет создавать более продуктивные, эффективные, устойчивые продовольственные системы [1].

Повышения доступности больших данных по агропроизводству и совершенствование методов обработки больших массивов данных привело к значительной трансформации сельскохозяйственного производства и привело к созданию новых подходов на основе интеллектуальных систем управления орошением земель. В работе [2] показано, что большие объемы данных из нескольких источников становятся доступными в режиме реального времени, искусственный интеллект (ИИ) помогает объединять потоки данных из нескольких источников, быстро анализировать их и генерировать своевременную информацию, пригодную для принятия мер. В дополнение к обработке данных дистанционного зондирования и Интернета вещей, искусственный интеллект может произвести революцию в механизации фермерских хозяйств с использованием «умных» систем орошения, роботизация процессов внесения удобрений и др. [3-5].

Согласно докладу ФАО по состоянию мировых земельных и водных ресурсов на орошаемое сельское хозяйство [6] в мире приходится 20 процентов обрабатываемых земель и производится около 40 процентов мирового производства продовольствия. Производительность сельскохозяйственной продукции с орошаемого гектара в среднем выше в 2-3 раза, а при производстве плодовых и овощных культур может увеличиваться до 5 раз. В докладе ФАО подчеркивается, что влажность почвы является наиболее важным параметром и для повышения продуктивности и устойчивости агропроизводства требуются комплексные подходы к оптимизации использования почвенной влаги за счет увеличения удержания влаги в почве, максимального проникновения и минимизации поверхностного испарения посредством использования современных систем орошения.

Распределение водных ресурсов по регионам России крайне неравномерно, при этом около 70 % сельскохозяйственных земель расположено в зонах, требующих дополнительного орошения. По данным Минсельхоза России по состоянию на 1 января 2021 года Мелиоративный фонд Российской Федерации составлял 3,96 миллионов гектаров орошаемых земель, используемых в сельхозпроизводстве, которые составляют менее 5% площади пашни и обеспечивают производства более 80% овощей и 20% кормов [7].

В России применение цифровых технологий в сельском хозяйстве и пищевой индустрии для реализации принципов «Индустрия 4.0» напрямую связаны с целями Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и ведомственной программы Министерства сельского хозяйства РФ «Цифровое сельское хозяйство», Постановлением Правительства РФ от 14 мая 2021 г. N 731 "О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации", Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 г. N 993-р. Необходимо отметить, что устойчивое развитие производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, достаточное для обеспечения продовольственной независимости на основе принципов научно обоснованного планирования определено в качестве одной из национальных целей развития Российской Федерации, установленных Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. N 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года".

В России предусмотрена государственная поддержка сельскохозяйственных производителей, которые проводят мероприятия по мелиорации земель из-за высоких расходов на реализацию подобных проектов. Согласно данным Минсельхоза России в 2020г затраты на строительство 1 гектара орошаемых земель требуют около 350 тыс. рублей вложений,

реконструкция одного орошаемого гектара обходится в 250 тыс. рублей, техническое перевооружение – около 100–120 тыс. рублей [8].

В настоящее время исследования потребностей и приоритетов применения цифровых технологий в такой области как системы орошения приобретают особую актуальность и значимость, требуют формирования ландшафта технологий для выявления возможностей формирования новой цифровой модели России и мер поддержки цифрового агропроизводства.

Целью настоящего исследования является выявление российских центров компетенций в области цифровых технологий управления орошением с использованием методов кросс-языкового информационного поиска и интеллектуального анализа полнотекстовых документов для построения патентного и публикационного ландшафта. В рамках поставленной цели исследования были выполнены следующие задачи: проведен анализ современных специализированных инструментов построения научно-технологических ландшафтов; разработана методика формирования информационной базы для проведения исследования; на основе характеристик созданной информационной базы научно-технических документов разработана методика построения научного и патентного ландшафта; определены основные критерии для оценки тенденций развития технологий орошения и выделения центров компетенций.

Для определения вектора развития современных систем орошения нового поколения с учетом глобальных технологических трендов и места существующих российских исследований и разработок в рамках данного исследования проведен анализ и оценка патентной и публикационной активности по тематике «системы орошения и дождевальные машины», в том числе технологий совершенствования оросительных комплексов на основе цифровых технологий и методов искусственного интеллекта. Для формирования и анализа набора научно-технических документов в области технологий орошения использовался функциональный макет Цифровой платформы информационно-аналитической поддержки научно-исследовательской деятельности в области АПК (ЦПИАП)¹ [9].

1 Современные инструменты построения научно-технологических ландшафтов

Для анализа интеллектуальных и цифровых технологий на мировом агропродовольственном рынке при формировании научно-технологических ландшафтов накоплена практика использования следующих специализированных инструментов: Scopus², Web of Science³, Dimensions.ai⁴ или РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)⁵. Данные инструменты предоставляют доступ к ограниченному набору источников научно-технических документов: патентов, научных публикаций, грантов и не реализуют механизмов прозрачного связывания информации из этих ресурсов, что необходимо при построении патентного и публикационного ландшафтов.

Процесс научно-технического поиска и анализа должен основываться на методах извлечения информации и обработки полных текстов, в то время как перечисленные выше системы (за исключением Dimensions.ai) предназначены для анализа и поиска в цитатных базах данных. В связи с этими ограничениями исследователями создаются методы и технологии анализа и связывания массивов полнотекстовых документов для решения отдельных задач информационной поддержки научно-технологического развития. Например, в работах [9-11] представлены методы оценки перспективности технологических подходов, представленных в массивах патентов с применением многослойных нейронных сетей с архитектурой BERT [12]. Однако подобные методы и подходы находят лишь ограниченное применение в системах научно-технического поиска и аналитики.

Одной из основных проблем является ориентированность перечисленных инструментов (кроме РИНЦ) на анализ зарубежных англоязычных источников научно-технических документов. Перечисленные выше информационные системы не отражают региональную специфику агропродовольственного рынка, не обладают достаточной полнотой данных по проводимым в

¹ <http://agro.isa.ru>

² <https://www.scopus.com>

³ <https://www.webofknowledge.com>

⁴ <https://www.dimensions.ai>

⁵ <https://www.elibrary.ru>

России исследованиям [13], что ограничивает возможности их применения российскими компаниями.

Для преодоления отмеченных ограничений и адекватной информационно-аналитической поддержки мониторинга и анализа процессов развития мировой научно-исследовательской сферы необходимо использовать отечественные разработки в области методов и технологий искусственного интеллекта, машинного представления знаний, экспертных систем, анализа объемной и потоковой информации.

2 Методика формирования информационной базы для проведения исследования

Для оценки потенциала цифровых технологий управления орошением в агропродовольственной сфере необходимо сформировать базу данных патентов и научных публикаций, содержащих основные научные и технологические заделы в этой области за последние годы. В связи с тем, выделенный паспорт специальности 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» охватывает широкий спектр направлений и включает в себя 34 области, то исследования и элементы цифровые технологий орошения могут быть отражены в разных пунктах паспорта специальности. Среди ключевых элементов цифровизации орошения можно выделить следующие: цифровая база: картирование, оцифровка, спутниковые данные; цифровой инструментарий: геоинформационные порталы, сенсоры, мобильные приложения; автоматизация производства: роботизация техники и внедрение элементов искусственного интеллекта, телеметрические системы; системы поддержки принятия решений: аналитика и большие данные. [14]. В рамках данного исследования использовалась «Цифровая платформа информационно-аналитической поддержки научно-исследовательской деятельности в области АПК», которая включает модели и методы анализа больших коллекций научно-исследовательских документов (десятки миллионов полнотекстовых документов из различных источников с масштабированием на массивы из сотен миллионов документов на русском и английском языках). Данная платформа была разработана при участии авторов статьи в Научном центре мирового уровня «Агротехнологии будущего». Платформа реализует сбор научно-технических документов из различных открытых источников, извлечение информации (метаданных) из полных текстов, кросс-языковой поиск и связывание массивов разнородных полнотекстовых документов, что позволяет снизить трудоемкость формирования ландшафта технологий и научных исследований в области орошения.

В ходе сбора информационных ресурсов в области технологий управления орошением, как и во многих других областях науки и техники, аналитик сталкивается с проблемой невозможности применения существующих систем библиотечной и технической классификации (Международной библиотечной классификации, Универсальной десятичной классификации, Государственного рубрикатора научно-технической информации, кодов специальностей ВАК) для надежного выявления и связывания целевых документов в разнородных базах научно-технической информации. Решением этой проблемы является применение методов семантического и эксплоративного поиска [15], реализованных в ЦПИАП. Характеристики информационной базы научно-технических документов, которые использовались при построении ландшафтов, представлены Таблица 1.

Таблица 1 – Информация об используемых информационных базах

Название коллекции	Общее количество документов	Количество отобранных документов	Период
Авторефераты диссертаций	378 585	360	2007 - 2021
Патенты USPTO	5 923 990	301	2007 - 2022
Российские научные публикации	3 046 426	469	2007 - 2021
Патенты ФИПС	1 357 598	1120	2007 - 2022

Для сбора научно-технических документов выполнялись следующие этапы (Рис. 1):

1. Сформирован набор ключевой лексики на русском и английском языках для формирования запросов. Для составления набора ключевой лексики был проведен

семантический поиск научно-технических документов по названию анализируемых технологий, а далее для найденных релевантных документов построены списки ключевой лексики (Табл. 2).

Таблица 2 – Набор ключевой лексики

<p>Ключевая лексика по технологиям в области орошения</p>	<p>дождевальные машины, дождевальная техника, дождевание, круговое действие, поливной, irrigation, орошаемый, оросительный, мелиорация, полив, технология орошения, орошение, поливная техника, среднеструйный, оросительная вода, качество дождя, орошаемые участки, поливная норма, орошаемое земледелие, фронтальное действие, орошаемые земли, дождевальный аппарат, irrigated, широкозахватные машины, дождеватель, полив, оросительные системы, эффективный полив, многоопорная машина, средства орошения, широкозахватный, гидротехника, орошаемые площади, качество полива, поливная вода, площадь орошения, среднеструйные аппараты, watering, интенсивность дождя, коэффициент полива, sprinkling, искусственный дождь, орошение культур, волжанка, дальнеструйный, низконапорные насадки, водопроводящий пояс, крупность капель, полив машиной, структура дождя, режим орошения, низконапорная машина, дождь машиной, дефлекторные насадки, площадь полива, способ орошения, проведение поливов, эффективность орошения, фронтальные машины, эрозионный-допустимый, машина, капельное орошение, sprinklers.</p>
<p>Ключевая лексика по цифровым технологиям управления</p>	<p>цифровое управление, digital control, прецизионное управление, digital imaging, NDVI, датчики, беспроводное управление, digital regulator, регулирование режимов, цифровые технологии, точное земледелие, precise farming, precision agriculture, автоматизация процесса, automatic control, автоматизированная система, формирование данных, автоматизация управления, картирование, sensors.</p>

2. Выполнен поэтапный сбор документов с помощью инструмента полнотекстового семантического поиска с использованием индексной база ЦПИАП:
 - 2.1. Поисковый запрос формировался на основе ключевой лексики, построенной на первом этапе. В ходе поиска формировались списки документов по технологиям орошения и технологиям цифрового управления, далее набор релевантных документов формировался как пересечение этих списков;
 - 2.2. Выделялись информационные базы, соответствующие целевым видам научно-технических документов (авторефераты диссертаций, патенты РФ и США, научные публикации);
 - 2.3. При необходимости указывались параметры, позволяющие значительно сузить область поиска документов. Для авторефератов диссертаций – код специальности Высшей аттестационной комиссии (ВАК), место защиты. Для патентов – правообладатель, класс Международной патентной классификации (МПК). Для отдельных видов документов использовался поиск по таким дополнительным полям как формула изобретения, описание изобретения и аннотация.
3. Найденные в результате поиска документы рассматривались в качестве эталонных в ходе дальнейшего расширения базы документов. Осуществлялся поиск текстов, тематически близких эталонным документам [15]. В ходе поиска порог близости подбирался эмпирически на основе экспертной оценки релевантности найденных документов. Сбор проводился итеративно, на первом шаге устанавливался высокий порог схожести, позволяющий найти лишь нечеткие дубли эталонных документов. Далее выполнялись следующие шаги:
 - 3.1. Поиск тематически-близких документов с заданным порогом схожести. В случае появления в выдаче нерелевантных документов – завершение сбора;
 - 3.2. Снижение порога схожести.
4. Извлечение из базы метаданных информации о найденных документах (тип документа, авторы, организация, год публикации).

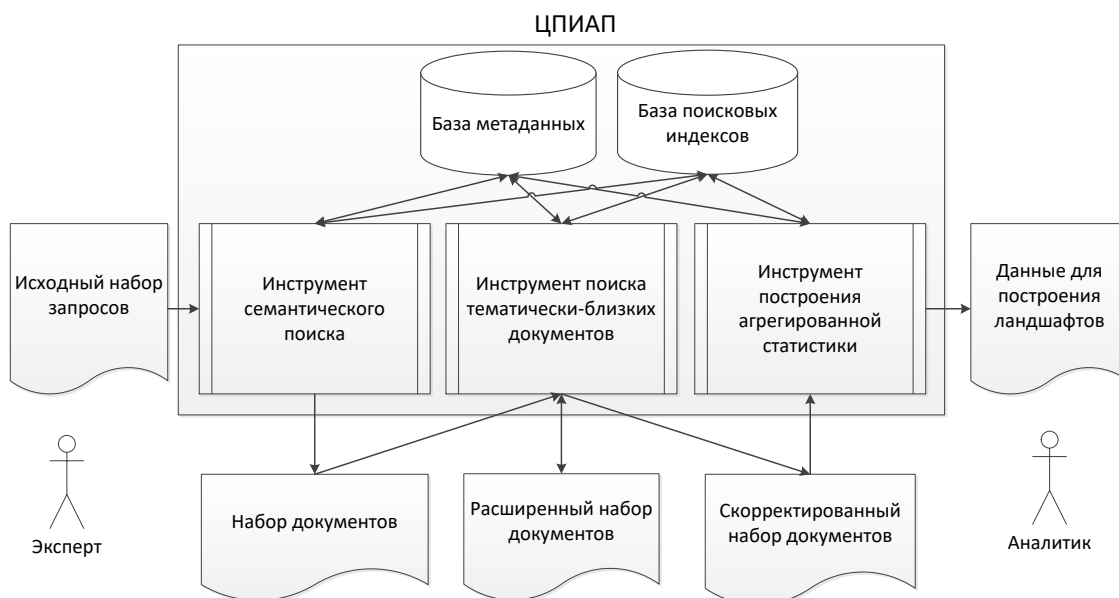


Рис. 1. Схема формирования и анализа информационной базы научно-технических документов по тематике «Орошение» с помощью ЦПИАП

С применением приведенной методики была сформирована информационная база документов по тематике «Орошение», в которую было отобрано более 2,2 тыс. научно-технических документов.

3 Методика построения научного и патентного ландшафта

В ходе формирования научных и патентных ландшафтов средствами ЦПИАП на основании метаданных отобранных научно-технических документов строились следующие виды графиков:

- динамика публикационной активности по каждому направлению с 2007 по 2021 год;
- динамика патентной активности по базам американских патентов USPTO (United States Patent Office) и российских патентов ФИПС (Федеральный институт промышленной собственности) по каждому направлению с 2007 по 2021 год;
- динамика защит диссертаций по каждому направлению с 2007 по 2021 год;
- кумулятивная динамика патентной и публикационной активности по каждому направлению с 2002 по 2022 год;
- центры научных и технологических компетенций по каждому направлению с 2007 по 2021 годы, где для каждого центра приведены его патентная и публикационная активность;
- распределение патентов USPTO по патентообладателям с 2007 по 2021 год.

Для повышения точности анализа полученная выборка авторефератов прошла дополнительный этап оценки с привлечением профильных экспертов. Для построения графиков использовался инструмент построения агрегированной статистики ЦПИАП. Для определения тенденций развития цифровых технологий орошения и существующего уровня публикационной и патентной активности международных исследований по «умным» системам орошения за период 2007–2021 гг. были выделены следующие критерии:

- прирост проведения фундаментальных работ по направлению;
- прирост научно-технических кадров высокой квалификации по направлению
- рост разработки новых технологий по направлению;
- состав патентообладателей, наличие патентообладателей-индустриальных организаций;
- наличие патентов и динамика патентования (рост разработки новых технологий) за рубежом (в США).

4 Результаты исследования

В результате построения научного и патентного ландшафтов по тематике «Орошение» были выявлены научно-технологические направления, связанные с созданием систем капельного орошения и дождевальных машин. Решение задач по обеспечению продовольственной безопасности в стране и реализации курса на импортозамещение требует особого внимания к состоянию инженерно-мелиоративных систем, модернизация которого в значительной мере зависит от наличия высокотехнологических разработок, прежде всего, в сфере технических средств. При этом отдельное внимание было уделено анализу авторефератов диссертаций, так как подготовка высококвалифицированных кадров является важным звеном для перехода к разработкам систем управления орошением на новом технико-технологическом уровне.

Необходимо отметить, что после 2012 года устойчиво продолжается сокращение числа защит диссертаций по тематике «Орошение», что связано с сокращением финансирования сельскохозяйственной науки и числа исследователей (Рис.2 а). При этом динамика удельного веса авторефератов по технологиям орошения имеет тенденцию роста, что демонстрирует научные заделы для дальнейшего совершенствования отечественных разработок систем управления орошением и дождевальных машин (Рис 2.б).

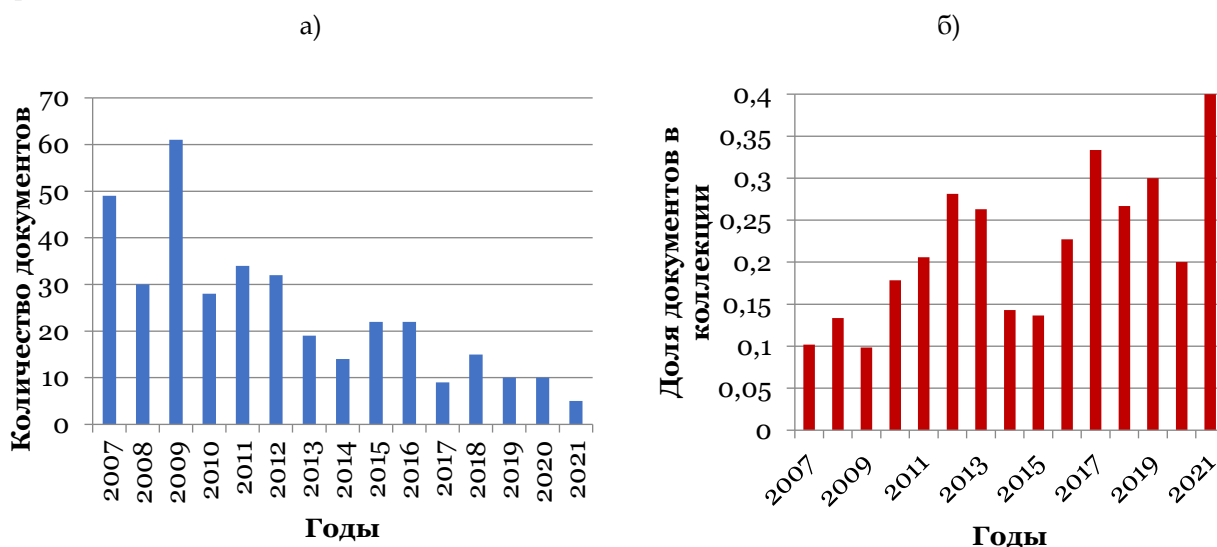


Рис. 2. Динамика количества (а) авторефератов диссертаций в коллекции по теме «Орошение» и динамика удельного веса (б) документов по тематике «Технологии орошения» в коллекции авторефератов по теме «Орошение»

За последние годы наблюдается устойчивый рост публикаций, относящихся к технологиям орошения и оросительным комплексам, что свидетельствует о высоком потенциале научных исследований. Динамика защит диссертаций по выделенной в рамках исследования тематике «Технологии орошения» имеет тенденцию к снижению, при этом за последние годы увеличилось число докторских диссертаций (Рис.2 а). За исследуемый период было выделено 35 авторефератов, относящихся непосредственно к разработке оросительных комплексов или совершенствованию узлов и деталей дождевальных машин. Значительная часть разработок представляют собой усовершенствования гидротехнических сооружений, установленных в советское время: "Фрегат", "Днепр", "Кубань" и др. На наш взгляд, необходимо расширять тематику диссертационных исследований в направлении применения искусственного интеллекта и цифровых технологий, что может послужить толчком к созданию междисциплинарных проектов и сотрудничества в области создания нового поколения систем управления орошением.

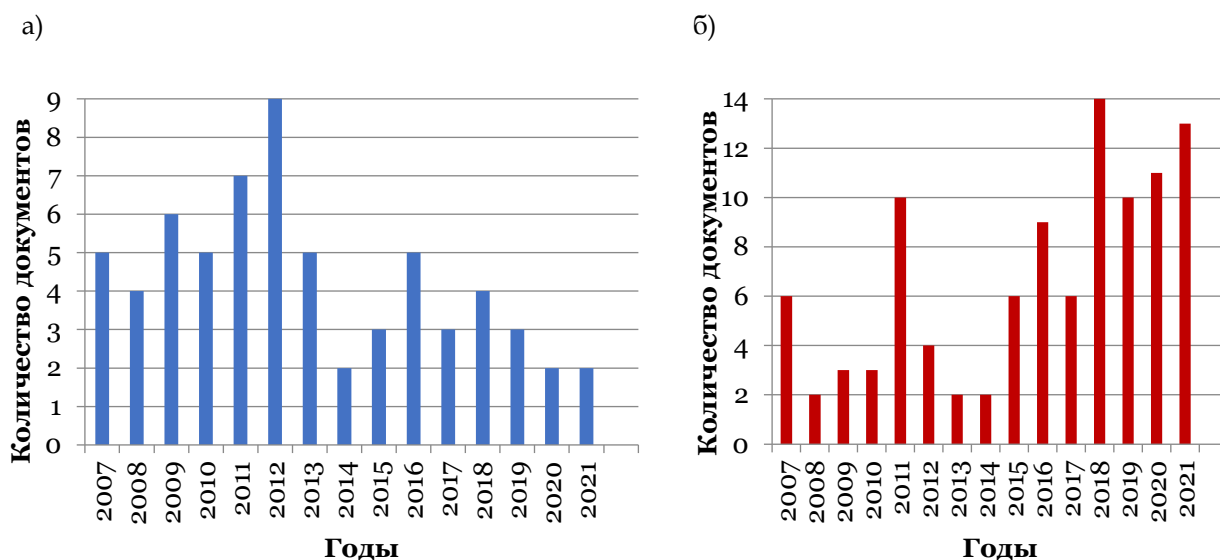


Рис. 3. Динамика (а) авторефератов диссертаций и (б) русскоязычных научных публикаций в области технологий орошения

Динамика патентов оросительных комплексов и систем управления орошением демонстрирует крайнюю неравномерность, как в России, так и в США. Представленный патентный ландшафт служит основой для определения направлений научных исследований и понимания применяемых технологий.

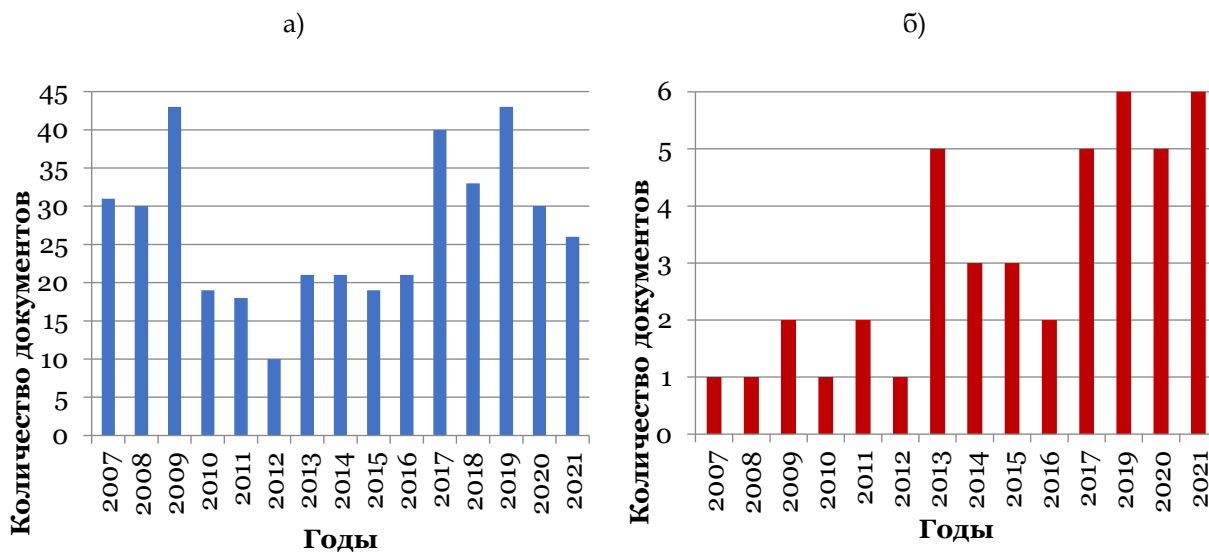


Рис. 4. Динамика (а) патентов РФ и (б) патентов США (USPTO) в области технологий орошения

В рамках исследования полученная выборка патентов была детально проанализирована с привлечением профильных экспертов для валидации полученных результатов отбора патентов. В результате анализа были выделены следующие группы технических решений и направлений усовершенствований:

- системы локального и комбинированного орошения;
- технические решения, направленные на совершенствование узлов, деталей, капельниц и оросителей;
- технологии и технологические параметры ресурсосберегающего орошения;
- способы выращивания сельскохозяйственных культур на орошении;
- технические решения в области специализированного стендового оборудования;
- «умные» системы орошения, которые могут включать элементы цифровых технологий по каждой вышеуказанной группе.

При этом за исследуемый период значительное число патентов в процессе анализа было отнесено к группе «Технические решения, направленные на совершенствование узлов, деталей, капельниц и оросителей». Ряд экспертов настаивают на том, что «качественный скачок в области системного управления гидротехническими мелиорациями, в том числе с расширенными возможностями автоматического управления на основе новейших средств аналитики и интеллектуальных технологий возможен при реализации современных систем управления орошением в качестве самостоятельного продукта, адаптирующегося к различными конструктивным решениям» [16].

Следует отметить, что в рамках выделенной группы «умные» системы орошения в России патентуются современные системы управления мелкодисперсными системами. В частности современные оросительные системы с применением различных датчиков, установленных на поле, которые передают информацию в режиме реального времени по беспроводной сети на центральный управляющий компьютер, который выдаёт команды на контроллеры, управляющие работой клапанов и насосного оборудования. Отдельно эксперты выделяют среди перспективных технических решений в области точного земледелия с использованием цифровых технологий разработку РосНИИПМ «Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения» по патенту № 2631896 A01G 25/09 (авторы Щедрин В.Н., Васильев С.М., Чураев А. А., Снопич Ю.Ф. и др.). Дождевальная машина в процессе полива получает данные о влажности почвы и наличия удобрений с GPS/ГЛОНАСС-приемников, данные о температуре, влажности воздуха, направлении и силе ветра – от метеостанции [17].

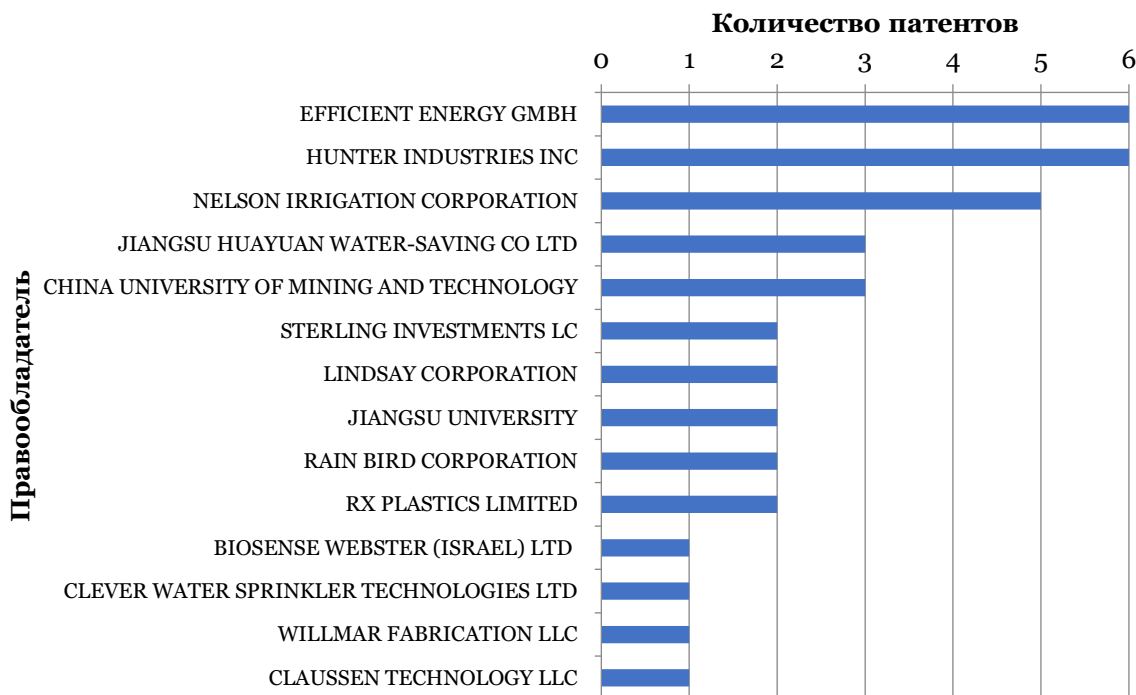


Рис. 5. Распределение патентов по патентообладателям (США) в области технологий орошения

Представленные выше патенты зарубежных компаний, включают в себя элементы цифровых технологий орошения и представлены в описании разработки, поэтому могут быть отнесены к группе «умных» систем орошения (Рис.5). Использование цифровых технологий в области гидротехнических мелиораций являются мировым трендом, который активно применяют лидеры рынка оросительной техники. Анализ государственной принадлежности патентообладателей показал преобладание таких стран как США, Германия, Китай, Израиль. Проведенный анализ показал, что на мировом рынке среди патентообладателей, лидирующих по количеству патентов по системам орошения в агропродовольственной сфере, следует выделить представителей специализированных бизнес-структур, которые напрямую связаны с сельским хозяйством, орошением и системами, а также входят в число мировых лидеров по производству

оросительного оборудования для сельскохозяйственных и промышленных приложений. По данным проведенного патентного поиска немецкая компания Efficient energy GMBN (Мюнхен, Германия), специализирующаяся на производстве холодильной техники, последовательно осуществляет разработку устройств для систем орошения, вошла в тройку лидеров по числу патентов. Далее следует американская компания Hunter Industries (штат Калифорния, США) производит оборудование для орошения и наружного освещения для ландшафтного дизайна, жилых, коммерческих, сельскохозяйственных объектов и полей для гольфа. И замыкает тройку лидеров патентования американская корпорация Nelson Irrigation Corporation (штат Вашингтон, США) более 100 лет специализируется на производстве уникальной продукции для систем орошения, в том числе оросителей Rotator, регуляторов давления, регулирующих клапанов и оросителей Big Gun, для сельского хозяйства и промышленности. Далее следует китайская компания Jiangsu huayuan water-saving Co Ltd, которая производит и продает водосберегающее оборудование для орошения в сельском хозяйстве и предлагает разбрызгиватели с дисковыми и трубчатыми насадками, насосные станции, микрораспылители и другую продукцию. Системы FieldNET и GrowSmart известного производителя дождевальной техники Lindsay активно представлены на мировом рынке.

В результате анализа топ-10 крупнейших правообладателей в области цифровых технологий орошения следует отметить представителей сферы науки и образования – ключевой национальный многопрофильный политехнический университет Китайский Университет по горному делу и технологиям (China University of Mining and Technology, Пекин, Китай) и один из крупнейших исследовательских университетов Китая, специализирующийся на инженерных дисциплинах - Университет Цзянсу (JIANGSU University, провинция Цзянсу, Китай).

По нашему мнению, следует учесть опыт Китая и в топовых технических вузах с учетом глобальных технологических трендов предусмотреть выделение в качестве одного из приоритетов подготовки специалистов новое направление по разработке дождевальных машин нового поколения и разработок в области точного земледелия. Тематику цифровых технологий управления орошением на наш взгляд следует ввести в обновленный Паспорт специальности ВАК для активизации подготовки кадров высшей квалификации.

В результате построения научного и патентного ландшафта авторами на основе собственной методики были выделены центры компетенций в области внедрения цифровых технологий орошения (Рис.6). Лидером в области патентования разработок по тематике Технологии орошения в рамках сконструированного авторами исследования ландшафта является Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий. Данный институт с 2016 года входит в состав «Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) и работает над выполнением отчетных показателей по приоритетному направлению Центра «Актуальные проблемы создания новых конструкций гидротехнических сооружений для гидромелиоративных систем в целях повышения эффективности работы и модернизации мелиоративного комплекса». Среди основных патентообладателей в РФ необходимо отметить промышленного производителя дождевальных машин «Фрегат» - ООО «Билдинг Строй Групп» и производителя поливальных машин «Каскад» - ООО «ЛандшафтСтройСервис». ФГБНУ ВНИИ «Радуга» - головная организация Минсельхоза России в области технологий, техники орошения и сельхозводоснабжения, характеризуется определенным балансом между количеством публикаций и патентованием разработок.

Согласно результатам проведенного анализа наилучшее соотношение патентной и публикационной активности можно выделить у трех центров компетенции - Волжский НИИ гидротехники и мелиорации, Волгоградский государственный аграрный университет, Саратовский государственный университет имени Вавилова. ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» проводит исследования по возможностям использования цифровых технологий в работе дождевальных машин и автоматизированных систем орошения. Разработанный сотрудниками организации экспериментальный образец блока управления автоматизированной системы комбинированного орошения, предназначен для управления процессами автоматизации полива сельскохозяйственных культур и регулирования микроклимата растений и параметров увлажнения почвы. Для программирования и отладки контроллеров, а также для создания и интеграции различных систем автоматизации применяется специализированная программная

среда разработки CODESYS, предназначенная для создания и отладки прикладной программы Программируемых логических контроллеров [18]. Саратовский государственный аграрный университет проводит исследования в области цифровых технологий орошения в интеграции с научно-производственным объединением университета «Поволжье» и экспериментальной площадке ООО «Наше дело». Техническим объектом моделирования выступают дождевальная машина кругового действия («Каскад») с соответствующим оборудованием, позволяющим в режиме реального времени отображать данные в комплексной цифровой платформе Агросигнал. В основе проектирования интеллектуальной системы управления оросительным комплексом две составляющие: 1) оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя почвы на основе баз данных и знаний определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур – это цифровая технология, реализованная на языке программирования Python; 2) нейроконтроллеры скорости дождевальной машины, интегрированные в систему управления дождевальной машины, обеспечивающие точность внесения оптимальных норм полива на каждом участке. Нейроуправление техническими объектами на основе многослойных нейронных сетей относится к активно развивающемуся современному направлению интеллектуализации технических систем и может применяться для управления дождевальными машинами как адаптивные регуляторы [19]. ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный аграрный университет" помимо патентования и публикаций по тематике перспективных технологий орошения реализует программу магистратуры «Цифровизация и роботизация технологических процессов» в рамках Инженерно-технологического факультета.

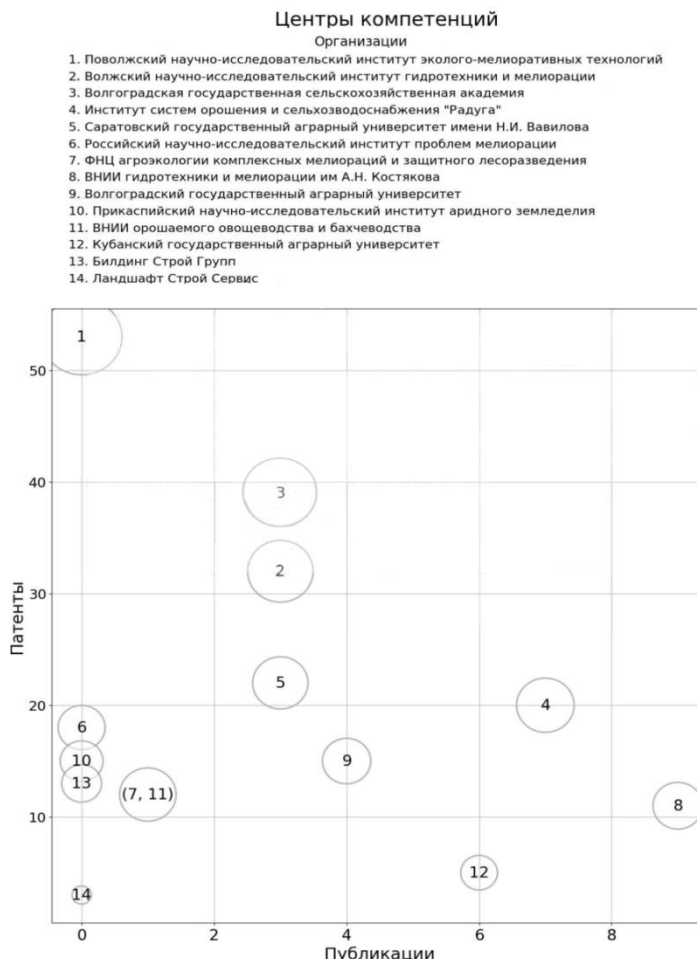


Рис. 6. Центры компетенций в области внедрения цифровых технологий орошения на основе анализа научных и технологических заделов

Согласно полученным результатам анализа:

- после 2012 года наблюдается устойчивое снижение количества подготавливаемых высококвалифицированных научно-технических кадров (Рис. 3);

- с 2013 года в этом направлении за рубежом наблюдается устойчивый рост патентования новых технологий (Рис. 4);
- в РФ наблюдается стагнация патентной активности (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**Рис. 4);
- с 2018 года в РФ наблюдается рост фундаментальных исследований, выражающийся увеличением количества научных статей, опубликованных за год (Рис. 3);
- ключевыми странами правообладателей патентов являются США, Германия и Китай. (Рис. 5);
- среди центров научной и технологической компетенции в РФ этом направлении помимо исследовательских организаций и ВУЗов присутствуют производственные компании (Рис. 6).

Заключение

Приоритетное использование цифровых технологий в области систем орошения и современного отечественного оборудования для полива приобретают в России особую значимость в условиях санкций, что требует определения существующих возможностей проведению прорывных научных исследований по тематике перспективных цифровых технологий орошения, подготовки высококвалифицированных специалистов и создания современных оросительных комплексов.

В результате проведенного исследования авторами была сформирована коллекция (информационная база документов) в области технологий орошения, включающая более 2,2 тысяч полнотекстовых научно-технических документов (публикации, авторефераты диссертаций, патенты) за период 2007–2022 гг. На основе использования современных способов и технологий извлечения информации, семантического поиска и обработки полных текстов авторами был построен публикационный и патентный ландшафт по тематике «Технологии орошения». По результатам проведенного исследования выявлено, что в России создана база для разработки оросительных комплексов, сформированы научные и технологические заделы по тематике «системы орошения и дождевальные машины», выявлены центры компетенций в области внедрения цифровых технологий орошения. Прослеживается эффективность государственных программ по поддержке исследований в области орошения, которые обеспечили прирост количества научных публикаций.

На наш взгляд, следует учитывать активизацию разработки цифровых технологий орошения при определении тематики фундаментальных научных исследований в части Государственного задания научно-технических институтов и профильных высших учебных заведений, направлений программ подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров, тематики грантовой поддержки Российского научного фонда (РНФ) и приоритетных направлений поддержки прикладных исследований Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям). На наш взгляд, следует шире использовать возможности поддержки проектов в области цифровых технологий управления орошения через существующий с 2021 года конкурс Фонда содействия инновациям в рамках Федеральной программы «Искусственный интеллект» Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Для стимулирования отечественных разработок и исследований в области цифрового орошения в состав пула экспертов конкурсов Фонда содействия инновациям на наш взгляд следует включить специалистов выделенных в рамках исследования центров компетенций, которые сочетают научно-образовательную компоненту и апробируют результаты исследований на опытных полях. Выявленные в рамках исследования на основе анализа научных и технологических заделов центры компетенций в области внедрения цифровых технологий орошения могут учитываться для формирования вектора развития систем орошения нового поколения с учетом глобальных технологических трендов. Полученные результаты могут быть использованы при определении приоритетов государственной поддержки научной тематики исследований и адресатов государственных субсидий в сфере агропродовольствия в целях повышения эффективности бюджетной системы в РФ.

Благодарности

Работа выполнена при частичной поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-15-2020-907 от 16.11.2020г. на осуществление государственной поддержки создания и развития НЦМУ «Агротехнологии будущего».

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема «Разработка экономико-математического инструментария для повышения эффективности бюджетной системы в Российской Федерации», № FMGF-2022-0007, № ЕГИСУ НИОКТР 121052700128-3).

Литература

1. Basso B., Antle J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems // *Nature Sustainability*. – 2020. – Т. 3. – №. 4. – С. 254-256.
2. Torero M. Robotics and AI in food security and innovation: why they matter and how to harness their power // *Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy*. – 2021. – С. 99-107.
3. Masseroni, D., Uddin, J., et al. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy // *Journal of Agricultural Engineering*. – 2017. – Т. 47. – №. 585. – С. 42-48.
4. Maina M. M., Amin M. S. M., Yazid M. A. Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*. – 2014. – Т. 64. – №. 4. – С. 283-293.
5. Mohammad F. S., Al-Ghobari H. M., El Marazky M. S. A. Adoption of an intelligent irrigation scheduling technique and its effect on water use efficiency for tomato crops in arid regions // *Australian Journal of Crop Science*. – 2013. – Т. 7. – №. 3. – С. 305-313.
6. ФАО 2021. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства: системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. Доступ: <https://doi.org/10.4060/cb7654ru>
7. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. N 731
8. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. – М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 304 с.
9. Wei, T., Jiang, T. et al. Exploring the Evolution of Core Technologies in Agricultural Machinery: A Patent-Based Semantic Mining Analysis // *Electronics*. – 2023. – Т. 12. – №. 20. – С. 4277.
10. Kim S., Yoon B. Multi-document summarization for patent documents based on generative adversarial network // *Expert Systems with Applications*. – 2022. – Т. 207. – С. 117983.
11. Guarino G., Samet A., Cavallucci D. PaTRIZ: A framework for mining TRIZ contradictions in patents // *Expert Systems with Applications*. – 2022. – Т. 207. – С. 117942.
12. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., Toutanova, K.. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // *arXiv preprint arXiv:1810.04805*. – 2018.
13. Devyatkin, D., Nechaeva, E., Suvorov, R., Tikhomirov, I. Mapping the research landscape of agricultural sciences // *Форсайт*. – 2018. – Т. 12. – №. 1 (eng). – С. 69-78.
14. Соловьев Д. А. и др. Цифровые технологии в управлении орошением // *Аграрный научный журнал*. – 2019. – №. 4. – С. 93-97.
15. Zubarev D., Sochenkov I. Comparison of cross-lingual similar documents retrieval methods // *Data Analytics and Management in Data Intensive Domains: 22nd International Conference, DAMDID/RCDL 2020, Voronezh, Russia, October 13–16, 2020, Selected Proceedings 22*. – Springer International Publishing, 2021. – С. 216-229.
16. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Шевченко В.А., Бочарникова О.В. Концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2019. – №. 2 (54). – С. 26-39.
17. Конторович И. И. Уровень техники и тенденции развития технических решений для интенсификации испарения с водной поверхности // *Мелиорация и гидротехника*. – 2016. – №. 1 (21). – С. 241-256.

18. Акпасов А. П., Туктаров Р. Б., Морозов М. И., Акпасов П. П. Применение цифровых технологий для автоматизации ирригационного оборудования при выращивании сельскохозяйственных культур // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2024. №. 3. С. 3-11. DOI: <https://doi.org/10.55186/2658-3569-2024-3-3-17>.
19. Соловьев Д. А., Камышова Г. Н., Колганов Д. А., Терехова Н. Н. Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов. Известия НВ АУК. 2021. 1(61). 368-379. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-35.

METHODS OF PATENT AND RESEARCH LANDSCAPING TO EVALUATE NEW DIGITAL IRRIGATION TECHNOLOGIES

Otmakhova, Yulia Sergeevna

Candidate of economic sciences

*Central Economic and Mathematics Institute RAS, Laboratory of computer modeling of socio-economic processes, leading researcher
Moscow, Russian Federation
otmakhovajs@yandex.ru*

Devyatkin, Dmitry Alexeevich

Candidate of computer science

*Federal Research Center "Computer Science and Control" RAS, Department of intelligent technologies and systems, head of laboratory
Moscow, Russian Federation
devyatkin@isa.ru*

Usenko, Natalia Ivanovna

Candidate of economic sciences

*Technologies for Systems Analysis LLC, leading researcher
Moscow, Russian Federation
n.i.usenko@yandex.ru*

Abstract

Intelligent and digital technologies in irrigation systems are actively developing in the modern global agri-food market. Due to sanctions against Russia, the identifying priorities for technological development with limited budgetary funds and the need to ensure the import substitution process in the market of modern irrigation equipment has become more relevant. The paper presents patent and publication landscape methods to identify Russian centers of competence in irrigation technologies and in developing new generation of irrigation control systems based on intelligent algorithms and digital technologies. We collected a dataset of 2.2K full-text documents (patents, research papers, Ph.D. theses) for the period 2007–2021. The obtained scientific and patent landscape of irrigation technologies can be utilized to determine the necessary measures of state support to define the development direction for new generation of irrigation systems, considering global technological trends and ensuring efficient agricultural production.

Keywords

digital technologies; intelligent irrigation control systems; new generation sprinkler technology; patent landscape; import substitution industrialization; agri-food complex

References

1. Basso B., Antle J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems // *Nature Sustainability*. – 2020. – Vol. 3. – No. 4. – pp. 254-256.
2. Torero M. Robotics and AI in food security and innovation: why they matter and how to harness their power // *Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy*. – 2021. – pp. 99-107.
3. Masseroni, D., Uddin, J., et al. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy // *Journal of Agricultural Engineering*. – 2017. – Vol. 47. – No. 585. – pp. 42-48.
4. Maina M. M., Amin M. S. M., Yazid M. A. Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*. – 2014. – Vol. 64. – No. 4. – pp. 283-293.
5. Mohammad F. S., Al-Ghobari H. M., El Marazky M. S. A. Adoption of an intelligent irrigation scheduling technique and its effect on water use efficiency for tomato crops in arid regions // *Australian Journal of Crop Science*. – 2013. – Vol. 7. – No. 3. – pp. 305-313.
6. Food and Agriculture Organization. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW): Systems at breaking point. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7654ru>.

7. Gosudarstvennaja programma jeffektivnogo вовлечения v oborot zemel' sel'skhozjajstvennogo naznachenija i razvitija meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii, utverzhdannaja Postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14 maja 2021 g. N 731 (in Russian).
8. Meliorativnyj kompleks Rossijskoj Federacii: info. izdanie. – M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2020. – P. 304 (in Russian).
9. Wei, T., Jiang, T. et al. Exploring the Evolution of Core Technologies in Agricultural Machinery: A Patent-Based Semantic Mining Analysis // *Electronics*. – 2023. – Vol. 12. – No. 20. – pp. 4277.
10. Kim S., Yoon B. Multi-document summarization for patent documents based on generative adversarial network // *Expert Systems with Applications*. – 2022. – T. 207. – C. 117983.
11. Guarino G., Samet A., Cavallucci D. PaTRIZ: A framework for mining TRIZ contradictions in patents // *Expert Systems with Applications*. – 2022. – Vol. 207. – pp. 117942.
12. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., Toutanova, K.. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // *arXiv preprint arXiv:1810.04805*. – 2018.
13. Devyatkin, D., Nechaeva, E., Suvorov, R., Tikhomirov, I. Mapping the research landscape of agricultural sciences // *Foresight and STI Governance*. – 2018. – Vol. 12. – No. 1 (eng). – pp. 69-78.
14. Solov'ev D. A. i dr. Cifrovye tehnologii v upravlenii orosheniem // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2019. – No. 4. – pp. 93-97 (in Russian).
15. Zubarev D., Sochenkov I. Comparison of cross-lingual similar documents retrieval methods // *Data Analytics and Management in Data Intensive Domains: 22nd International Conference, DAMDID/RCDL 2020, Voronezh, Russia, October 13–16, 2020, Selected Proceedings 22*. – Springer International Publishing, 2021. – pp. 216-229.
16. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Lytov M.N., Shevchenko V.A., Bocharnikova O.V. Konceptual'nye podhody k sozdaniju sistem monitoringa i upravlenija orosheniem // *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2019. – No. 2 (54). – pp. 26-39 (in Russian).
17. Kontorovich I. I. Uroven' tehniki i tendencii razvitija tehniceskikh reshenij dlja intensivizacii isparenija s vodnoj poverhnosti // *Melioracija i gidrotehnika*. – 2016. – No. 1 (21). – pp. 241-256 (in Russian).
18. Akpasov A. P., Tuktarov R. B., Morozov M. I., Akpasov P. P. Primenenie cifrovych tehnologij dlja avtomatizacii irrigacionnogo oborudovanija pri vyrashhivanii sel'skhozjajstvennyh kul'tur // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tehnologij «Integral»*. 2024. No. 3. pp. 3-11. DOI: <https://doi.org/10.55186/2658-3569-2024-3-3-17> (in Russian).
19. Soloviev D. A., Kamyshova G. N., Kolganov D. A., Terekhova N. N. Cyfrovye tekhnologii i intelektualnue systemy upravlediya orositelnym kompleksom s uchetom factycheskych vlagozapasov. *Izvestya NV AUK*. 2021. No. 1(61). Pp 368-379. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-35 (in Russian).