



Научная статья

УДК 338.28

doi: 10.55186/25876740_2024_67_3_341

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: РЕВОЛЮЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ БОЛЕЕ «ЗЕЛЕННОГО» БУДУЩЕГО

А.Е. Зимин¹, Н.В. Седова²¹ООО «Мерц Фарма», Москва, Россия²Всероссийская академия внешней торговли Всероссийская академия внешней торговли
Министерства экономического развития Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация. Цель настоящего исследования заключается в глубоком анализе воздействия цифровизации на сельское хозяйство и ее ключевой роли в обеспечении устойчивого развития отрасли. С увеличением глобального спроса на продовольствие, обусловленного ростом населения, вопрос об обеспечении продовольственной безопасности становится более острым. Цифровизация сельского хозяйства рассматривается как важнейший инструмент для повышения производительности и эффективности в сфере сельского хозяйства, а также для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Исследование включает всесторонний анализ различных аспектов цифровизации, таких как применение информационных технологий, датчиков, автоматизированных систем и аналитики данных для мониторинга и управления всеми этапами сельскохозяйственных процессов. Эти технологии не только способствуют точному управлению ресурсами, но и оптимизируют производственные процессы, сокращая потребление воды и химических удобрений, что, в свою очередь, способствует улучшению экологической устойчивости сельского хозяйства. Подчеркивается, что цифровизация сельского хозяйства имеет потенциал стать ключевым фактором в формировании более «зеленого» и устойчивого будущего для сельских регионов и всей планеты. В контексте современных вызовов, таких как изменение климата и стремление к устойчивому развитию, данное исследование предоставляет не только практические рекомендации, но и ценные научные перспективы, раскрывая как цифровые технологии могут эффективно способствовать улучшению производства продовольственных ресурсов с учетом требований экологической устойчивости.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, устойчивое развитие, ESG, точное земледелие, геоинформационные системы

Original article

DIGITALIZATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: REVOLUTIONIZING AGRICULTURE FOR A GREENER FUTURE

A.E. Zimin¹, N.V. Sedova²¹«Merts Farma» Limited Liability Company, Moscow, Russia²Russian Foreign Trade Academy, Moscow, Russia

Abstract. The purpose of this study is to provide an in-depth analysis of the impact of digitalization on agriculture and its key role in ensuring sustainable development of the sector. Increasing global demand for food due to population growth makes the issue of food security more important. Digitalization of agriculture is seen as a critical tool to improve productivity and efficiency in agriculture as well as to mitigate the negative impact on the environment. The study includes a comprehensive analysis of various aspects of digitalization such as the application of information technology, sensors, automated systems and data analytics to monitor and manage all stages of agricultural processes. These technologies do not only facilitate accurate resource management, but also optimize production processes by reducing the consumption of water and chemical fertilizers, which in turn contributes to improving the environmental sustainability of agriculture. It is emphasized that the digitalization of agriculture has the potential to be a key factor in shaping a greener and more sustainable future for rural regions and the planet. In the context of current challenges such as climate change and the striving for sustainable development, this study provides not only practical recommendations but also valuable scientific perspectives, revealing how digital technologies can effectively contribute to improving food production in an environmentally sustainable manner.

Keywords: agriculture digitalization, sustainable development, ESG, precision agriculture, GIS techniques

Введение. В современную эпоху, когда численность населения планеты растет, а экологические проблемы обостряются, стремление к устойчивому развитию становится как никогда актуальным. Объединение цифровых технологий и сельского хозяйства, часто называемое «цифровым сельским хозяйством» или «цифровизацией сельского хозяйства», стало мощным катализатором для достижения целей устойчивого развития — обеспечения продовольственной безопасности, экономического роста и сохранения окружающей среды. Это объединение способно произвести революцию в традиционном сельском хозяйстве, предлагая инновационные решения давних проблем и способствуя формированию более устойчивой и жизнеспособной продовольственной системы.

Цифровизация охватывает широкий спектр технологий, включая, в частности, Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), аналитику больших данных и дистанционное зондирование. В контексте сельского хозяйства эти цифровые инструменты используются для совершенствования различных аспектов сельскохозяйственной деятельности — от управления посевами и отслеживания поголовья скота до оптимизации цепочки поставок и доступа к рынкам. Использование этих технологий позволяет фермерам принимать более взвешенные решения, сокращать нерациональное использование ресурсов, минимизировать воздействие на окружающую среду и одновременно повышать производительность и доход.

Цель данной статьи — изучить фундаментальные последствия цифровизации для сель-

ского хозяйства и ее роль в обеспечении устойчивого развития. Автор рассмотрит цифровые инструменты, которые эффективно внедряются в сельскохозяйственную практику, подчеркнет их потенциал для повышения эффективности использования ресурсов, смягчения последствий изменения климата и содействия развитию сельских районов. На основе всестороннего обзора последних исследований и конкретных примеров автор проиллюстрирует, как цифровизация преобразует сельскохозяйственный сектор, продвигая его к более экологичному и устойчивому будущему.

В статье рассматриваются такие ключевые направления, как точное земледелие, интеллектуальное сельское хозяйство и геоинформационные системы. Также будут рассмотрены проблемы и барьеры, которые могут препятствовать



широкому внедрению цифровых методов ведения сельского хозяйства.

Понимание сложной взаимосвязи между цифровизацией и устойчивым сельским хозяйством позволит нам проложить путь к созданию более эффективных, экологических и социально справедливых систем производства продуктов питания. Эти исследования необходимы не только для обеспечения будущего, в котором мы сможем удовлетворить растущий спрос на продукты питания и волокна, но и для защиты хрупких экосистем, от которых зависит производство продовольствия. Вступая на путь создания более цифрового, устойчивого и жизнеспособного сельскохозяйственного сектора, мы закладываем основу для более экологичного будущего, где урожай от прогресса получают и фермеры, и планета.

Обзор текущей ситуации. Стремительный рост численности населения планеты представляет собой одну из наиболее актуальных проблем современности. В 1960 году общая численность населения Земли составляла 3,0 млрд человек, к 2000 году выросла до 6,1 млрд человек [1], а в 2023 году превысила 8 млрд. По оценкам специалистов, к 2050 году численность населения Земли превысит 9,7 млрд. человек [2], что создаст беспрецедентный спрос на продовольствие, воду и другие важнейшие ресурсы. Чтобы обеспечить продовольственную безопасность растущего населения и при этом сохранить природные ресурсы и экосистемы нашей планеты, мы должны мыслить инновационно и находить устойчивые решения, которые позволят увеличить производство сельскохозяйственной продукции без ущерба для окружающей среды.

В тоже время мировое производство зерновых (пшеница, рожь, рис, овёс, ячмень, кукуруза, сорго, просо) в 1961 году составляло 876 млн тонн, к 2000 году достигло 2 058 млн тонн [3], а по прогнозу Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) в 2023 году достигнет 2 819 млн тонн [4]. С одной стороны, производство зерновых за рассматриваемый период увеличилось более, чем в 3,2 раза при росте численности населения в 2,6 раза (Рисунок 1). Но несмотря на эту позитивную статистику, на Земле на текущий момент более 2 миллиардов человек испытывают потребность в зерне [5]. То есть текущие уровни прироста производства зерновых не успевают за потребностями и спросом на данный

продукт. Помимо этого, ситуация за последние годы усугубилась из-за пандемии коронавируса, а также из-за нарушения цепочек поставок в условиях санкций против России после начала СВО на Украине.

Чтобы бороться с голодом, обеспечить равный доступ к продовольствию каждого жителя планеты и искоренить все формы неполноценного питания необходимо необходимы новые инновационные подходы к продовольственной безопасности и инструментам, используемым при производстве зерновых.

Цифровизация в производстве зерновых. Россия занимает третье место в мире по производству пшеницы. За 2022 год было собрано 153,83 млн тонн зерна, в том числе 104,4 млн тонн пшеницы, против 121,4 млн тонн годом ранее [6]. Такие феноменальные результаты получилось достичь путем повышения урожайности зерновых, которая увеличилась почти на 33% с 25,4 ц/га в 2018 году до 33,6 ц/га в 2022 году [7]. Несмотря на это очевидно, что у классических инструментов повышения урожайности (селекция, использование органических и минеральных удобрений, специальная подготовка почвы и т.п.) есть свои пределы роста. Помимо этого, растущий мировой спрос на продукты питания, корма для животных, текстиль и возобновляемые источники энергии все сильнее нагружает сельскохозяйственные экосистемы. Усиление нагрузки начинает подрывать естественную способность экосистем восстанавливаться после воздействия внешних факторов, что может привести к беспрецедентным экологическим сдвигам в глобальном масштабе. В дополнение ко всему глобальное изменение климата ведет аномальным температурным колебаниям, изменениям в количествах осадков, учащению экстремальных погодных явлений, таких как засухи, наводнения. Эти факторы приводят к росту производственных затрат, увеличению уязвимости к вредителям и болезням, что в совокупности усиливает нагрузку на сельскохозяйственные угодья в России и во всем мире. Именно поэтому необходимо искать альтернативные пути стимулирования роста урожайности зерновых без чрезмерной нагрузки на окружающую среду для расширения экспортного потенциала и внесение своего вклада в устойчивое будущее. И одним из таких возможных путей может оказаться приход новых цифровых технологий в сельское хозяйство.

Преобразующее воздействие цифровизации на сельскохозяйственный сектор не вызывает сомнений, а ее влияние распространяется на все сферы. Она органично вписалась в различные аспекты сельского хозяйства, охватывая такие важнейшие области, как оценка земель, совместимость почв и культур, получение погодных данных в режиме реального времени, мониторинг роста культур, оптимизация урожайности биомассы и точность агротехнических методик.

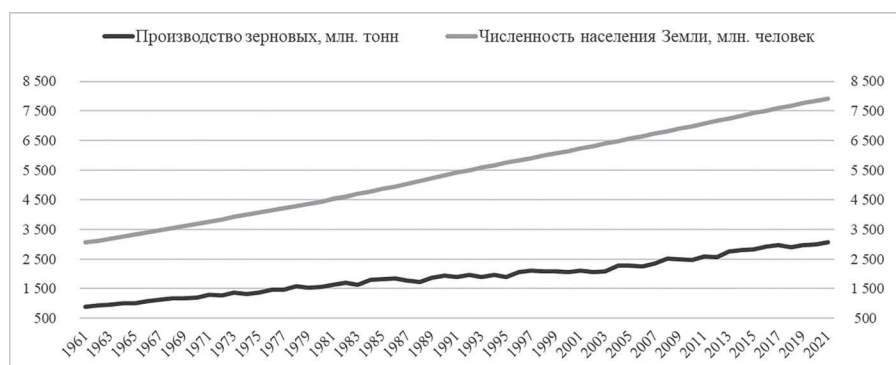
Цифровизация — это не просто модная инновация, ее преимущества имеют глобальный характер. Она служит мощным инструментом для совершенствования сельского хозяйства в мировом масштабе. Благодаря использованию приложений для смартфонов и компьютеров, мониторингу в режиме реального времени, использованию данных спутниковой и метеорологической информации она дает многочисленные преимущества в сельском хозяйстве. Фермеры, работники сельского хозяйства и заинтересованные стороны теперь имеют доступ к огромному количеству информации. Они могут принимать взвешенные решения, оптимизировать свои процессы и легко адаптироваться к изменяющимся условиям. Эта цифровая революция открывает новую эру повышения производительности и эффективности сельского хозяйства, обеспечивая устойчивое управление ресурсами и повышая надежность средств к существованию во всем мире.

Существует большое количество технологических цифровых решений, направленных на достижение целей обеспечения устойчивости сельского хозяйства. Их можно классифицировать на три большие группы:

- 1) Программные продукты, например, системы компьютерного моделирования.
- 2) Оборудование и различные аппаратные средства, такие как беспилотные летательные аппараты, IoT-датчики, роботизированные системы орошения, автоматизированная сельхозтехника для уборки сельскохозяйственных культур и т.д.
- 3) Комбинация первых двух групп, например, комбайны, которые на основе искусственного интеллекта и специальных сенсоров уничтожают сорные растения [8].

В следующих главах мы рассмотрим некоторые из возможных технологий, которые могут кардинальным образом изменить сферу сельского хозяйства, если они будут повсеместно распространены.

Геоинформационные системы (ГИС) и дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Методы дистанционного зондирования (ДЗЗ) и ГИС, а также интеграция нечеткой логики и многокритериальной оценки предлагают мощные инструменты, позволяющие эффективно управлять сельскохозяйственными системами. Эти технологии позволяют не только создавать обширные базы данных, но и составлять справочные карты для планирования землепользования, выбора культур, мониторинга агроэкосистем и принятия взвешенных решений. Потенциальное влияние этих технологий очень велико и включает в себя увеличение производства сельскохозяйственной продукции, сохранение ресурсов, обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей фермеров.



Источник: составлено по данным Worldometer [1] и ФАО ООН [3].

Рисунок 1. График эволюции производства зерновых (в млн тонн) и роста численности населения Земли
Figure 1. Graph of the evolution of cereal production (in million tons) and the growth of the Earth's population



Значительным преимуществом интеграции ДЗЗ и ГИС является их вклад в создание устойчивых систем земледелия и смягчение последствий изменения климата. Например, в цитрусовых садах в Китае эти технологии используются для создания цифровых карт и моделей, которые дают представление о топографии местности, землепользовании, типах почв, климатических условиях и высоте над уровнем моря. Эта информация имеет неоценимое значение для принятия взвешенных решений по управлению цитрусовыми культурами — от садов до конечного потребителя.

В области картофелеводства для повышения устойчивости используются технологии ДЗЗ и ГИС, а также различные модели и индексы. Мультиспектральная съемка позволяет отслеживать динамику растительности, оценивать состояние растений и прогнозировать урожайность при различных способах выращивания. Такой объем информации позволяет принимать верные решения, связанные с экспортом и импортом продукции, и тем самым увеличивать экономическую выгоду для фермерского сообщества.

Кроме того, эти технологии позволяют фермерам и государственным органам получать точные картографические данные, информацию о посевах, оценках полей и характеристиках почв. Эти данные помогают планировать и реализовывать проекты, направленные на поддержку сельского хозяйства. Кроме того, они способствуют выведению жаро- и засухоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур благодаря расширенной климатической информации и анализу почв.

Роль ДЗЗ и ГИС распространяется и на экологические проблемы. Например, модели Revised Universal Soil Loss Equation были использованы для оценки подверженности почв Сирии эрозии и выявления районов со значительной деградацией [9]. С точки зрения устойчивого ведения сельского хозяйства, решающее значение имеет удаление пластиковых материалов, часто используемых для мульчирования, защиты от града и затенения посевов. Базы данных и карты на основе ГИС помогают отслеживать наличие пластика на фермах, определять места его сбора, а также создавать систему мониторинга и принятия решений по его утилизации и переработке.

Значение этих технологий в управлении водными ресурсами трудно переоценить, особенно в регионах с дефицитом водных ресурсов. Точное орошение, осуществляемое с помощью геоинформатики и систем поддержки принятия решений, крайне важно для эффективного использования воды. Однако такие сложности, как затраты на обслуживание и калибровку датчиков, препятствуют их широкому внедрению, особенно в развивающихся странах. Тем не менее, наличие таких геопространственных платформ с открытым исходным кодом, как QGIS [10] и R [11], открывает возможности для более широкого применения.

В эпоху изобилия информации в Интернете и ее доступности с помощью различных устройств научное вмешательство может способствовать дальнейшей интеграции новых цифровых технологий в сельскохозяйственную практику. Такая интеграция обещает привести к значительному повышению социальной,

экономической и экологической устойчивости систем производства продуктов питания, что в итоге принесет пользу всему обществу.

Программное обеспечение и сервисы для устойчивого сельского хозяйства. Сельское хозяйство переживает стремительную глобальную трансформацию, в первую очередь под влиянием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и сферы цифровизации. Повсеместное внедрение мобильного прикладного программного обеспечения в сельском хозяйстве позволило значительно повысить эффективность использования ресурсов, снизить себестоимость продукции и одновременно увеличить урожайность и общую экономическую отдачу.

Мобильные приложения расширяют возможности фермеров, ученых и технических экспертов, предоставляя им доступ к ценной информации, касающейся климатически оптимизированных методов ведения сельского хозяйства (Climate-smart agriculture или CSA) [12]. Такой цифровой доступ способствует принятию взвешенных решений не только на этапе производства, но и на всех этапах цепочки поставок.

По данным Ассоциации операторов мобильной связи GSMA, 55% всего населения Земли пользуется смартфонами. Число владельцев мобильных устройств достигло 4,4 миллиарда человек [13], и ожидается, что в ближайшие годы эта цифра увеличится на несколько сотен миллионов. Очевидно, что мобильные телефоны и приложения доказали свою эффективность в распространении сельскохозяйственной информации среди фермеров. Тем не менее, необходимо признать, что внедрение ИКТ в сельское хозяйство не всегда приводит к повышению урожайности и прибыли для каждого фермера.

К сожалению, многие фермеры, особенно в сельских районах развивающихся стран, по-прежнему сталкиваются со сложностями в доступе к технологиям. К ним относятся проблемы со связью, ограниченные цифровые возможности, низкое удобство использования приложений ИКТ и цифровая неграмотность. Если не решить эти проблемы, то фермеры могут оказаться в новой форме цифровой бедности. Чтобы действительно преодолеть этот цифровой разрыв, при реализации инициатив в области ИКТ необходимо учитывать местные факторы, такие как возможности подключения к сети интернет, потенциал пользователей, интеграция с местными диалектами и социально-культурные особенности.

Проблемы, связанные с изменением климата, представляют собой серьезную угрозу для роста сельскохозяйственного производства, продовольственной безопасности и средств к существованию миллионов людей во всем мире. Сельское хозяйство вносит значительный вклад в выбросы парниковых газов и глобальное потепление (30% от общих выбросов парниковых газов [14]). Большие перспективы в решении этих проблем открывает внедрение основанных на цифровых технологиях климатически разумных методов ведения сельского хозяйства (CSA), которые направлены на сочетание устойчивого производства, устойчивости к изменению климата и сокращения выбросов парниковых газов. Однако уровень внедрения технологий CSA среди фермеров остается относительно низким.

На это влияют различные факторы, включая социально-экономические характеристики фермеров, уникальные природные условия конкретных регионов, а также свойства новых технологий. Чтобы противостоять обостряющимся проблемам продовольственной безопасности и изменения климата, наши продовольственные системы должны претерпеть существенную цифровую трансформацию. Одно из решений заключается во внедрении сельскохозяйственных сервисов на базе приложений, которые предлагают методы CSA, учитывающие особенности конкретного региона, что может привести к созданию более экологичной и устойчивой формы сельского хозяйства. Это соответствует глобальной повестке дня в области устойчивого развития.

Точное земледелие. Точное земледелие — это система агротехнологий, которая учитывает временную изменчивость и пространственную неоднородность для повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства [15]. Точное земледелие использует возможности робототехники, искусственного интеллекта (ИИ) и глубокого обучения, что делает его эффективным методом ведения сельского хозяйства с учетом климатических условий. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), оснащенные множеством датчиков, в режиме реального времени предоставляют данные о различных факторах, таких как засуха, качество почвы и состояние сельскохозяйственных культур.

ИИ играет ключевую роль в повышении точности сельского хозяйства. Он использует передовые модели ИИ, глубокое обучение с подкреплением и облачные технологии для оптимизации ресурсосбережения при одновременном увеличении производства продуктов питания и усилении концепции устойчивого развития. Экспертные системы на базе ИИ, такие как COMAX и COTFLEX для хлопка [16], SOYGRO и PRITHVI для сои, оказывают ценную поддержку в принятии решений. Машинное обучение, Интернет вещей в сельском хозяйстве и беспроводные сети повышают уровень знаний и качество принятия решений на уровне сельского хозяйства.

Рост точного земледелия ускоряется благодаря быстрому развитию экономически эффективных датчиков, систем управления и развивающегося искусственного интеллекта. Это привело к успешному внедрению полуавтономных и беспилотных наземных транспортных средств для решения различных сельскохозяйственных задач, что позволяет экономить ресурсы и средства.

В 2021 году Ассоциация производителей оборудования (Association of Equipment Manufacturers или AEM) совместно с Американской ассоциацией производителей сои (American Soybean Association), CropLife America и Национальной ассоциацией производителей кукурузы (National Corn Growers Association) провели исследование, в рамках которого было выявлено, что при использовании технологий точного земледелия на 4% увеличилась урожайность, на 7% повысилась эффективность внесения удобрений, на 9% сократилось использование гербицидов и пестицидов, на 6% снизилось потребление ископаемого топлива [17].





Заключение. Мы подробно рассмотрели, как современные цифровые технологии революционизируют сельское хозяйство. Особое внимание было уделено таким ключевым понятиям, как точное земледелие, программные продукты и сервисы для устойчивого сельского хозяйства и искусственный интеллект, а также роль геоинформационных систем в сельском хозяйстве.

Цифровизация сельского хозяйства стала источником значительных преимуществ. Внедрение точного земледелия позволяет оптимизировать использование ресурсов, увеличивать урожайность и снижать негативное воздействие на окружающую среду. Автоматизированные программные продукты и искусственный интеллект помогают сельскохозяйственным предприятиям принимать более обоснованные и взвешенные решения, анализировать данные и управлять производственными процессами более эффективно. Геоинформационные системы способствуют точному мониторингу и управлению земельными ресурсами, учитывая особенности каждой конкретной области.

Однако успешная цифровизация сельского хозяйства требует комплексного подхода. Обеспечение доступности современных технологий и обучения для сельскохозяйственных работников становится приоритетом.

Итак, цифровизация сельского хозяйства является важным фактором для устойчивого развития этой отрасли. Она способствует повышению производительности, снижению воздействия на окружающую среду и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Однако успешная реализация этого потенциала требует сбалансированного подхода, который учитывает социальные, образовательные и безопасностные аспекты цифровой трансформации в сельском хозяйстве.

Список источников

- World Population (2023 and historical) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.worldometers.info/world-population/#table-historical> (дата обращения: 11.10.2023).
- World Population Projections [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.worldometers.info/world-population/world-population-projections/> (дата обращения: 11.10.2023).
- Crops and livestock products (Crops > Items aggregated > Cereals, Total) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата обращения: 13.10.2023).
- Публикуемая ФАО сводка предложения зерновых и спроса на зерновые [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> (дата обращения: 13.10.2023).

Информация об авторах:

Седова Надежда Васильевна, доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и валютно-кредитных отношений, и.о. зав. кафедрой промышленности, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5670-2437>, nadseva@mail.ru

Зимин Александр Евгеньевич, аспирант кафедры финансов и валютно-кредитных отношений, ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-3246-9567>, ajax_z@mail.ru

Information about the authors:

Nadezhda V. Sedova, doctor of economic sciences, professor of the department of finance and monetary relations, acting head of the department of industry, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5670-2437>, nadseva@mail.ru

Aleksandr E. Zimin, postgraduate student of the department of finance and monetary relations, ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-3246-9567>, ajax_z@mail.ru

5. Более двух миллиардов человек в мире нуждаются в зерне, заявил эксперт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ria.ru/20230719/zerno-1884971317.html> (дата обращения: 13.10.2023).

6. Россия в 2022 году собрала 153,83 млн тонн зерна [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/5772624> (дата обращения: 13.10.2023).

7. За последние пять лет урожайность зерновых в России выросла почти на треть [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rg.ru/2023/05/18/za-poslednie-piat-let-urozhajnost-zernovyh-v-rossii-vyroslo-pochti-na-tret.html> (дата обращения: 13.10.2023).

8. Autonomous LaserWeeder [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://carbonrobotics.com/autonomous-weeder> (дата обращения: 14.10.2023).

9. Safwan Mohammed, Karam Alsafadi, Swapan Talukdar, Samer Kiwan, Sami Hennawi, Omran Alshihabi, Mohammed Sharaf, Endre Harsanyie. Estimation of soil erosion risk in southern part of Syria by using RUSLE integrating geo informatics approach // Remote Sensing Applications: Society and Environment. Volume 20, November 2020, 100375.

10. QGIS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.qgis.org/en/site/about/features.html> (дата обращения: 17.10.2023).

11. Geographic Information Systems (GIS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://uottawa.libguides.com/GIS/R> (дата обращения: 17.10.2023).

12. Climate-Smart Agriculture [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture> (дата обращения: 18.10.2023).

13. GSMA: около 55% населения Земли пользуется смартфонами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kp.ru/online/news/5497546/> (дата обращения: 18.10.2023).

14. Сокращение выбросов парниковых газов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iaea.org/ru/temy/sokrashchenie-vybrosov-parnikovyyh-gazov> (дата обращения: 18.10.2023).

15. Precision Ag Definition [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ispag.org/about/definition> (дата обращения: 18.10.2023).

16. Ashish Dhamanda, Muhammad Haseeb Ahmad, Muhammad Faizan Afzal, Muhammad Imran, Muhammad Armghan Khalid. Artificial Intelligence Applications. Researches Publications. 2021. С. 7.

17. How Will Precision Agriculture Help Farmers Meet Food Demand Sustainably? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uswheat.org/wheatletter/how-will-precision-agriculture-help-farmers-meet-food-demand-sustainably/> (дата обращения: 18.10.2023).

References

- World Population (2023 and historical) [Electronic resource]. Access mode: <http://www.worldometers.info/world-population/#table-historical> (accessed 11.10.2023).
- World Population Projections [Electronic resource]. Access mode: <http://www.worldometers.info/world-population/world-population-projections/> (accessed 11.10.2023).

3. Crops and livestock products (Crops > Items aggregated > Cereals, Total) [Electronic resource]. Access mode: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed 13.10.2023).

4. FAO published summary of cereal supply and demand for cereals [Electronic resource]. Access mode: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> (accessed 13.10.2023).

5. More than two billion people in the world need grain, expert says [Electronic resource]. Access mode: <http://ria.ru/20230719/zerno-1884971317.html> (accessed 13.10.2023).

6. Russia harvested 153.83 million tons of grain in 2022 [Electronic resource]. Access mode: <http://www.kommersant.ru/doc/5772624> (accessed 13.10.2023).

7. Grain yields in Russia have increased by almost a third over the past five years [Electronic resource]. Access mode: <http://rg.ru/2023/05/18/za-poslednie-piat-let-urozhajnost-zernovyh-v-rossii-vyroslo-pochti-na-tret.html> (accessed 13.10.2023).

8. Autonomous LaserWeeder [Electronic resource]. Access mode: <http://carbonrobotics.com/autonomous-weeder> (accessed 14.10.2023).

9. Safwan Mohammed, Karam Alsafadi, Swapan Talukdar, Samer Kiwan, Sami Hennawi, Omran Alshihabi, Mohammed Sharaf, Endre Harsanyie. Estimation of soil erosion risk in southern part of Syria by using RUSLE integrating geo informatics approach // Remote Sensing Applications: Society and Environment. Volume 20, November 2020, 100375.

10. QGIS [Electronic resource]. Access mode: <http://www.qgis.org/en/site/about/features.html> (accessed 17.10.2023).

11. Geographic Information Systems (GIS) [Electronic resource]. Access mode: <http://uottawa.libguides.com/GIS/R> (accessed 17.10.2023).

12. Climate-Smart Agriculture [Electronic resource]. Access mode: <http://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture> (accessed 18.10.2023).

13. GSMA: about 55% of the world's population uses smartphones [Electronic resource]. Access mode: <http://www.kp.ru/online/news/5497546/> (accessed 18.10.2023).

14. Reduction of greenhouse gas emissions [Electronic resource]. Access mode: <http://www.iaea.org/ru/temy/sokrashchenie-vybrosov-parnikovyyh-gazov> (accessed 18.10.2023).

15. Precision Ag Definition [Electronic resource]. Access mode: <http://www.ispag.org/about/definition> (accessed 18.10.2023).

16. Ashish Dhamanda, Muhammad Haseeb Ahmad, Muhammad Faizan Afzal, Muhammad Imran, Muhammad Armghan Khalid. Artificial Intelligence Applications. Researches Publications. 2021. С. 7.

17. How Will Precision Agriculture Help Farmers Meet Food Demand Sustainably? [Electronic resource]. Access mode: <http://www.uswheat.org/wheatletter/how-will-precision-agriculture-help-farmers-meet-food-demand-sustainably/> (accessed 18.10.2023).