

Трансформация традиционного сельского хозяйства как условие усиления продовольственной безопасности российских регионов

Transformation of Traditional Agriculture As a Condition for Strengthening the Food Security of Russian Regions

DOI 10.12737/2587-9111-2022-10-6-27-34

Получено: 11 сентября 2022 г. / Одобрено: 20 октября 2022 г. / Опубликовано: 23 декабря 2022 г.

Ергунова О.Т.

Канд. экон. наук, доцент Департамента менеджмента Санкт-Петербургского филиала Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Россия, 190008, г. Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, д. 16
e-mail: ergunova-olga@yandex.ru

Ergunova O.T.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, St. Petersburg Branch of the National Research University Higher School of Economics (NRU HSE — St. Petersburg) 16, Soyuz Pechatnikov St., St. Petersburg, 190008, Russia
e-mail: ergunova-olga@yandex.ru

Пьянкова С.Г.

Д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, д. 62/45
e-mail: silen_06@list.ru

Pyankova S.G.

Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Regional, Municipal Economics and Management, Ural State University of Economics, 62/45, 8 March / Narodnaya Volya St., Yekaterinburg, 620144, Russia
e-mail: silen_06@list.ru

Митрофанова И.В.

Д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории региональной экономики, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, просп. Чехова, д. 41
e-mail: mitrofanova@volsu.ru

Mitrofanova I.V.

Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Researcher, Laboratory of Regional Economics, Federal Research Centre Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS) 41, Chekhov St., Rostov-on-Don, 344006, Russia
e-mail: mitrofanova@volsu.ru

Аннотация

В условиях усиления экономических санкций и геополитической турбулентности, удовлетворение текущих и будущих потребностей населения в продовольствии в рамках национальной и региональной безопасности требует незамедлительного решения. Авторами исследования цифровизация сельского хозяйства была предложена в качестве решения, которое позволит решать проблемы импортозамещения и необходимости повышения эффективности агропромышленного комплекса регионов РФ с помощью внедрения новых технологий и новых принципов организации взаимодействия участников рынка. Несмотря на положительную корреляцию, которая существует между производством сельскохозяйственной продукции и спросом на продовольствие в регионах РФ, продовольственные системы остаются традиционными. Статья посвящена изучению отечественного и зарубежного опыта формирования концепции «Сельское хозяйство 4.0» в регионах России для обеспечения технологического прорыва, а также ключевым проблемам и перспективам развития цифровизации традиционного агропромышленного комплекса. В исследовании авторами выявлены предпосылки формирования и развития «умного сельского хозяйства» в регионах РФ в условиях агропищевой революции 4.0 в России и в мире, что связано, в первую очередь, с глобальными проблемами климата, дефицитом агропродуктов и усилением процессов урбанизации, а также со стремительным ростом численности населения при исчерпании ресурсов.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, устойчивое развитие, сельское хозяйство 4.0, точное земледелие, цифровизация, агроэкология, региональный социохозяйственный комплекс

Abstract

In conditions of economic security and geopolitical turbulence, the expected need for food and the expected need of the population for food. The authors of the study dealing with digitalization in agriculture proposed as a solution, which made it possible to solve the problem of import substitution and increase the efficiency of the agro-industrial complex of the regions of the Russian Federation using new technologies and new approaches to the participation of market participants. Despite the positive correlation that exists between agricultural production and food demand in the regions of the Russian Federation, food systems cover. The article is devoted to the history of domestic and foreign experience in the formation of "Agriculture 4.0" in the regions of Russia to ensure a technological breakthrough, as well as an important problem and prospects for the development of digitalization of the heritage of the agro-industrial complex. In the study, the authors identified the prerequisites for the formation and development of a "smart developed economy" in the regions of the Russian Federation in the conditions of the agro-food revolution 4.0 in the Russian Federation and in the world, which is primarily associated with global climate problems, a shortage of agricultural products and minor urbanization processes, as well as rapid population growth while scooping. resources.

Keywords: food security, sustainable development, agriculture 4.0, precision farming, digitalization, agroecology, region, regional socio-economic complex.

Введение

В условиях экономической турбулентности, проблема продовольственной безопасности населения России может быть решена в рамках формирования и развития «агропищевой индустрии 4.0» и рынка Foodnet, открытого для интеграции новых наукоемких технологий, через внедрение новых ре-

шений, основанных на цифровизации и кастомизации сельскохозяйственных продуктов. Однако для понимания фундаментальных факторов потенциального развития рынка НТИ Foodnet в регионах РФ, необходимо проведение исследования предпосылок и причин усиления интереса зарубежных и отечественных исследователей к данной теме.

Так, в условиях постоянного роста численности населения мира вынуждено справляться с ограниченными ресурсами нашей планеты. По прогнозным данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Food and Agriculture Organization, ФАО), в 2050 г. население планеты составит 9 млрд человек, а спрос на продовольствие вырастет на 70% [1]. Однако пахотные земли ограничены, а изменение климата ставит под угрозу урожайность сельскохозяйственных культур. Реагирование на эти угрозы имеет первостепенное значение. Действительно, повестка дня ООН на период до 2030 г. в рамках заявленных 17 Целей устойчивого развития (ЦУР) предусматривает, среди прочего, достижение устойчивых систем производства продовольствия с помощью сельскохозяйственных методов, которые повышают производительность и адаптируются к изменению климата [2].

Достижение более продуктивного и устойчивого сельского хозяйства в условиях изменяющегося климата является сложной задачей; Сельскохозяйственные методы должны быть революционизированы на макро- и мезоуровнях. Продолжающийся процесс цифровизации сельского хозяйства представляется многообещающим для решения предстоящих задач. Этот революционный процесс повсеместно как в мире, так и в регионах РФ приносит инновации для поддержки фермеров путем повышения урожайности сельскохозяйственных культур при одновременном снижении воздействия на окружающую среду.

Обзор литературы и методология

В данном исследовании в целях описания границ и динамики исследовательской области развития вертикального земледелия в регионах России для обеспечения технологического прорыва на рынке Foodnet авторы применяли библиометрические инструменты, количественный анализ метаанализа и статистические данные, также был применен качественный подход структурированного обзора зарубежной и отечественной литературы. Библиометрия является методом выполнения систематического, объективного и воспроизводимого анализа научной деятельности, что особенно полезно в фрагментированной области, такой как вертикальное земледелие как одно из направлений рынка НТИ Foodnet.

Обзоры литературы приобретают все большее значение в связи с быстрыми темпами научного производства. Синтез существующей базы знаний имеет решающее значение для продвижения направления исследований. Библиометрические ме-

тоды становятся частично полезными для обеспечения объективного анализа неструктурированного и большого объема информации. Они могут быть использованы для выявления возникающих и актуальных тем, наиболее влиятельных журналов / институтов / стран, основных исследовательских потоков и для того, чтобы показать «общую картину» исследовательской области. Зарубежные исследователи N. M. Trendov, S. Varas, M. Zeng, 2019 [3], J. Muangprathub, N. Boonnam, S. Kajornkasirat и др., 2019 [4], G. Sponchioni, M. Vezzoni, A. Bacchetti и др., 2019 [5] заявляют, что технологии цифровой агрокультурной революции станут новым драйвером развития традиционного сельского хозяйства в перспективе 10–20 лет и смогут отвечать потребностям населения мира в будущем.

Для решения вышеупомянутых проблем международные учреждения, такие как Всемирный банк и ФАО, рекомендовали глобальный переход к рамкам CSA, концептуальная основа которой может быть определена как стратегия решения глобальных климатических и продовольственных проблем путем содействия достижению целей национальной безопасности и развития. С момента своего возникновения в 2007 г. концепция CSA появилась во многих формах. Появление цифровых технологий в сельском хозяйстве сформировало CSA, породив новые термины, такие как умное сельское хозяйство, цифровое сельское хозяйство и сельское хозяйство 4.0.

Ожидается, что цифровые технологии, такие как ИИ, робототехника и IoT, изменят правила игры для достижения целей CSA. Цифровые технологии позволяют проводить детальный анализ данных в режиме реального времени. Данные собираются интеллектуальными датчиками, наземными роботами (Unmanned Ground Vehicle (UGV)), воздушными дронами (Unmanned Aerial System (UAS)) или спутниками. Этот большой объем данных анализируется алгоритмами ИИ, производящими информацию. Таким образом, фермеры могут принимать решения как путем использования своего опыта в полевых условиях, так и путем анализа данных. Цифровые технологии имеют потенциал повышения производительности при одновременном снижении затрат и повышении экологичности [6].

Процесс цифровизации сельского хозяйства является растущей тенденцией в исследовательском сообществе. Тем не менее нет общего согласия относительно этапов развития данных технологий и их потенциала. Многие авторы используют термин «Точное земледелие» (Precision Agriculture (PA)), вве-

денный в 90-х годах [7–9], другие предпочитают более современные термины «умное сельское хозяйство» или «цифровая агрокультура» [10–12]. В последнее время использование термина «Сельское хозяйство 4.0» становится обычным явлением [13; 14], это, по сути, цифровизация социотехнических явлений, связанных с агроэкосистемами [15], аналогично тому, что произошло в городских и промышленных системах.

Существует множество отечественных и зарубежных подходов к определению вышеприведенных терминов (см. табл. 1.).

Сельское хозяйство 4.0. для отдельного региона связано с эволюцией точного земледелия и относится ко всем действиям, которые выполняются в сельском хозяйстве на основе точного и точного анализа данных и информации, собираемых и передаваемых с помощью передовых инструментов и технологий. Это относится к региональным инструментам и стратегиям, которые обеспечивают синергетическое использование ряда цифровых технологий 4.0, что, в свою очередь, позволяет автоматически собирать, интегрировать и анализировать данные, собранные на местах, с датчиков или из других сторонних источников.

Целью этих технологий является предложить наиболее широкую и точную поддержку фермерам региона в процессе принятия решений, связанных с их деятельностью и отношениями с другими сторонами в цепочке поставок. Конечной целью является повышение экономической, экологической и социальной устойчивости, а также прибыльности сельскохозяйственных процессов в отдельно взятом регионе, являющемся субъектом страны. Таким образом, сельское хозяйство 4.0 относится к использованию Интернета вещей (IoT), больших данных, искусственного интеллекта и робототехники для расширения, ускорения и повышения эффективности деятельности, влияющей на всю производственную цепочку региона.

Тенденции развития АПК России

В условиях нарастания проблемы импортозамещения сельскохозяйственной продукции и продовольственной безопасности в регионах РФ необходимы инновационные технологические решения. Для оценки перспектив развития агропромышленного рынка в РФ проведем оценку состояния агропромышленного комплекса РФ за последние 10 лет. В табл. 2. представлены основные экономические показатели развития агропромышленного комплекса РФ с 2010 по 2020 г.

Таблица 1

Научные подходы к терминологии цифрового сельского хозяйства

Авторы	Определение
Klerkx L., Jakku E., Labarthe P., 2019 [16]	Сельское хозяйство 4.0 включает в себя операционные технологии, такие как робототехника, нанотехнологии, синтез белка, клеточное сельское хозяйство, технология генетического редактирования, ИИ, блокчейн и ML, которые оказали широкое и глубокое влияние на системы производства продуктов питания и будущее сельского хозяйства
Braun A.-T., Colangelo E., Steckel T., 2018 [17]	Сельское хозяйство 4.0 посредством инноваций в управлении цепочками поставок не только обеспечивают средства для решения проблем, присущих сельскохозяйственному производству в модели Farming 4.0, но и обеспечивают основу для новых форм труда и бизнеса
Lajoie-O'Malley A., Dronson K., van der Burg S., Klerkx L., 2020 [18]	Сельское хозяйство 4.0 — процесс использования цифровых технологий в сельском хозяйстве, существенно влияющий на предоставление услуг экосистемами в рамках поставок продовольствия, в которые они включены
Andritoiu D., Bazavan L.-C., Besnea F.-L., Roibu H., Bizdoaca N.-G., 2018 [19]	Точное земледелие означает комбинированную внутреннюю и внешнюю интеграцию сельскохозяйственных операций
Rose D.C., Wheeler R., Winter M., Lobley M., Chivers C-A., 2021 [20]	Точное земледелие в рамках сельского хозяйства 4.0 было преобладающим с точки зрения повышения производительности и защиты окружающей среды, и этот факт вызвал значительные положительные и отрицательные социальные последствия, тем самым четко указывая на то, что должно быть более широкое включение людей в сельскохозяйственные инновационные системы, которые должны руководствоваться ответственными принципами в рамках видения социальной устойчивости
Попова Л.В., Горшкова Н.В., Шалдохина С.Ю., 2019 [21]	«Сельское хозяйство 4.0» означает интегрированную внутреннюю и внешнюю сеть операций в аграрном производстве
Valle S.S., Kienzle J., 2020 [22]	Сельское хозяйство 4.0 включает в себя ряд инноваций для производства сельскохозяйственной продукции. Эти инновации охватывают точное земледелие, IoT и большие данные для достижения большей эффективности производства
Bongomin O., Yemane A., Kembabazi B., Malanda C., Mwape M.C., Mporu N.S., Tigalana D., 2020 [23]	Точное земледелие связано с цифровой сельскохозяйственной революцией, поскольку его столпами являются цифровые технологии, такие как ИИ, большие данные, облачные вычисления, робототехника, IoT, RS и блокчейн
Fielke S., Taylor B., Jakku E., 2020 [24]	«Умное сельское хозяйство» определяется усиливающейся связью людьми и технологиями в сельскохозяйственных знаниях, консультативных сетях и производственно-сбытовых цепочках

За 2010–2020 гг. удельный вес занятых в общей численности занятых в отраслях народного хозяйства уменьшилась на 77,3%, тогда как объем инвестиций в основной капитал увеличился в 2,5 раза в денежном эквиваленте, но в доле от общего объема инве-

Таблица 2

Показатели развития агропромышленного комплекса РФ с 2010 по 2020 гг. [25]

Показатели / Годы	2010	2016	2017	2018	2019	2020
Количество рабочих мест, тыс. единиц	23 968	21 902	20 923	21 711	21 415	23 144
Удельный вес занятых в общей численности занятых, %	7,5	6,8	6,2	6,1	5,9	5,8
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб.	10 285	21 268	23 529	25 820	28 396	31 058
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	292,6	582,6	651,4	707,3	750,4	743,8
Наличие основных фондов, млрд руб.	1340,0	2555,3	2751,3	3067,8	3478,8	3791,8

стиций в основной капитал всего на 0,5%, показатель удельного веса основных фондов снизился на 0,1%.

В табл. 3 представлены показатели уровня самообеспечения (продовольственной независимости) страны, а также достижение пороговых значений показателей Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20, а также плановым значением показателей проекта «Развитие отраслей АПК» по оценке Министерства сельского хозяйства РФ за 2021 год.

Представленные в таблице данные свидетельствуют, что уровень национальной продовольственной независимости по такому показателю, как зерно, превышает в 1,6 раза пороговое значение Доктрины, соответственно по сахару — на 10 п.п., по маслу растительному — почти в 2,0 раза, по мясу и мясopодуктам — на 15,2 п.п, по рыбе и рыбопродуктам — в 1,8 раза. По некоторым показателям уровень самообеспеченности страны незначительно ниже пороговых значений, соответственно по кар-

тофелю — на 4,6 п.п., по молоку и молокопродуктам — на 6,0 п.п., по овощам и бахчевым культурам — на 3,1 п.п. Вызывают тревогу значительное недостижение пороговых показателей уровня самообеспечения по фруктам и ягодам — на 16,4 п.п. и по соли пищевой — на 15,6 п.п.

Учитывая региональные особенности, структура продукции сельского хозяйства РФ выражена показателями, представленными в табл. 4.

Таблица 4

Структура продукции сельского хозяйства округов РФ в 2021 г., % [см. 25]

Название федерального округа	Животноводство	Растениеводство
Центральный	51,1	48,9
Северо-Западный	66,4	33,6
Южный	33,8	66,2
Северо-Кавказский	44,1	55,9
Приволжский	53,4	46,6
Уральский	59,9	40,1
Сибирский	56,4	43,6
Дальневосточный	48,4	51,6

Как видно из распределения производства сельскохозяйственной продукции по стране, приблизительно равномерно развиты оба вида сельского хозяйства. При этом можно выделить округа, где растениеводство является лидирующим видом сельского хозяйства — Южный, Северо-Кавказский, Дальневосточный федеральные округа, и наоборот, где преимущественно производится мясомолочная продукция — Центральный, Северо-Западный, Приволжский, Уральский, Сибирский.

Пути нивелирования угроз продовольственной безопасности в регионах России

В ходе оценки пороговых значений в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации были выявлены показатели, требующие в условиях санкционного давления и курса на импортозамещение пристального внимания. В связи с этим рекомендуется внедрение решений 4.0 в сельском хозяйстве регионов РФ (табл. 5).

Несмотря на то что новая реальность открывает новые возможности для развития отечественного

Таблица 3

Показатели уровня самообеспечения (продовольственной независимости) РФ в 2021 г., % [26]

Показатель	Уровень самообеспечения	Пороговое значение показателя Доктрины продовольственной безопасности РФ	Плановое значение показателя проекта «Развитие отраслей АПК»
Зерно	150,7	95	95
Сахар	100,0	90	90
Масло растительное	176,6	90	90
Мясо и мясopодукты	100,2	85	85
Картофель	90,4	95	95
Молоко и молокопродукты	84,0	90	90
Овощи и бахчевые культуры	86,9	90	87,1
Фрукты и ягоды	43,6	60	40,2
Рыба и рыбопродукты	153,2	85	85
Соль пищевая	69,4	85	85

Таблица 5

**Технологические решения «Сельского хозяйства 4.0»
для внедрения на мезоуровне**

Название	Описание
Дроны	Небольшие беспилотные летательные аппараты, способные следить за посевами в режиме реального времени, а также передавать изображения и полезную информацию. В основном они используются для картографирования местности, но в самых продвинутых версиях используются инфракрасные датчики и системы обработки изображений для обнаружения проблем, которые невозможно обнаружить невооруженным глазом
Датчики окружающей среды	Способны регистрировать климатические данные о погоде и информацию о требованиях к влажности почвы
Интернет вещей (IoT)	Позволяет различным инструментам (например, дронам, датчикам или спутникам) подключаться и взаимодействовать друг с другом для обмена информацией, а также данными, полезными для улучшения условий выращивания сельскохозяйственных культур
Большие данные	Концепция больших данных относится ко всей информации и данным, генерируемым различными технологиями и помогающим принимать более эффективные решения в процессе производства
Искусственный интеллект	Технология, которая инструктирует машины оценивать конкретные ситуации и принимать решения в режиме реального времени. Существуют две основные области применения: • робототехника с использованием машин, автоматизирующих определенные задачи • программное обеспечение для управления, которое сокращает рабочее время, которое сотрудники тратят на выполнение автоматических и повторяющихся задач
Облако	Набор доступных сервисов общих ресурсов в сети как полезный инструмент для обеспечения доступа к определенным технологиям и данным для большего числа людей

рынка «Сельского хозяйства 4.0», тем не менее по-прежнему существует большое недоверие к этому новому способу понимания сельского хозяйства и связанных с ним новых технологий. Однако нет никаких сомнений в том, что сельское хозяйство 4.0 связано с рядом преимуществ, что особенно актуально в связи с вынужденным импортозамещением сельскохозяйственной продукции и активизацией государственной поддержки агропромышленного комплекса в целях перехода к формату полного инновационного цикла, включающего: персонализированное и специализированное питание, биологизированное и органическое сельское хозяйство, умное и высокопродуктивное сельское хозяйство, альтернативные источники сырья и пищи.

За последние годы удалось достичь определенных положительных результатов в укреплении продовольственной безопасности субъектов РФ, хотя по итогам 2021 г. на долю сельского хозяйства в России приходилось 4,5% ВВП и на протяжении последних лет отечественный АПК демонстрировал

постоянно растущий спрос на сельскохозяйственную технику и оборудование. Однако современная геополитическая реальность несет новые риски, связанные с введенными санкционными ограничениями со стороны стран Европы и США в части логистики и оплаты поставок необходимых компонентов для сельскохозяйственного оборудования и техники, с отключением РФ от международной системы межбанковских транзакций и обмена информацией SWIFT, а также из-за дефицита семенного материала сельскохозяйственных культур. По оценкам экспертов, из-за проблем с логистикой было приостановлено около 50–70% экспорта из России и около 50% импортных поставок.

В сложившейся ситуации Правительство Российской Федерации активно принимает новые меры поддержки сельского хозяйства. Так, «Программа № 1432» («Программа государственного субсидирования производителей сельскохозяйственной техники») предусматривает объем финансирования в 2022 г. около 16 млрд руб. Дополнительное субсидирование со стороны Министерства сельского хозяйства Российской Федерации 10 марта 2022 г. было утверждено новым планом, подразумевающим выплаты в размере 35 млрд руб. на краткосрочные кредиты [27].

Если до 2022 г. основными драйверами развития российского АПК были в основном увеличение инвестиций и повышение качества управления, повышение покупательной способности населения и продовольственное эмбарго, то на данный момент ресурсы роста почти исчерпаны. Современное сельское хозяйство сталкивается сегодня с глобальными вызовами и должно выйти на новый технологический уровень, снизив импортозависимость, в первую очередь, в секторе агробиотехнологий [28–36].

Заключение

Принимая во внимание проблему низкого плодородия сельскохозяйственных угодий с недостаточным плодородием и относительно средней устойчивостью АПК РФ с точки зрения волатильности и производительности, переход на новый технологический уровень инфраструктуры в рамках реализации концепции «Сельское хозяйство 4.0» будет иметь ряд преимуществ:

1. Экономические преимущества. Несмотря на стоимость технологий, реальная экономическая выгода от этого типа ведения сельского хозяйства и инструментов хорошо известна. Большой контроль над действиями ведет к оптимизации ресурсов и, следовательно, экономии на производственных

затратах около 30% при повышении производительности на 20%.

2. Экологические преимущества. Есть один аспект сельского хозяйства, который нельзя недооценивать, а именно устойчивость, которая станет определяющей характеристикой сельского хозяйства будущего. Сельское хозяйство 4.0 специально разработано для повышения устойчивости сельскохозяйственной деятельности и воздействия на окружающую среду всей пищевой цепи.

3. Преимущества для работника. Хорошо известно, что новые технологии также улучшают условия труда оператора. На самом деле они стали менее обременительными благодаря поддержке цифровых и инновационных инструментов.

4. Польза здоровью. Постоянный и точный контроль каждого этапа производственной цепочки позволяет получить конечный продукт более высокого качества, который несомненно полезен для здоровья. Подсчитано, что продукты в высокотехнологичной цепочке поставок сохраняют свои свойства и, следовательно, являются более полезными для здоровья.

Следовательно, реализация технологий сельского хозяйства 4.0 и управление данными на региональном и национальном уровнях в перспективе до 2030 г. поможет: предотвратить потери за счет точного расчета потребности, контроля над затратами, а также планирования всех этапов выращивания, посева и сбора урожая с большой точностью, экономя ресурсы; улучшить прослеживаемость цепочек поставок путем создания короткой цепочки поставок, способной производить высококачественные продукты питания устойчивым образом с минимальным допуском на ошибку.

Литература

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4477en/>
- Повестка дня в области устойчивого развития // Цели в области устойчивого развития. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>
- Trendov N.M., Varas S. and Zeng M. Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas Status Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. 152 p. <http://www.fao.org/3/ca4985en/ca4985en.pdf>
- Muangprathub J., Boonnam N., Kajornkasirat S., Lekbangpong N., Wanichsombat A. and Nillaor P. IoT and agriculture data analysis for smart farm // Computers and Electronics Agriculture. 2019. Vol. 156. P. 467–474. DOI:10.1016/j.compag.2018.12.011.
- Sponchioni G., Vezzoni M., Bacchetti A., Pavesi M. and Renga F. The 4.0 revolution in agriculture: a multiperspective definition // XXIV Summer School Francesco Turco — Industrial Systems Engineering. 2019. P. 143–149. <https://www.summerschool-aidi.it/cms/extra/papers/591.pdf>
- Акбердина В.В., Пьянкова С.Г. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. Т. 227, № 1. С. 292–313. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-227-1-292-313
- Bongiovanni R., Lowenberg-Deboer J. Precision agriculture and sustainability // Precision Agriculture. 2004. Vol. 5(4). P. 359–387. DOI:10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa
- Zhou X.V., English B.C., Larson J. A., Lambert D.M., Roberts R.K., Boyer C.N., Valendia M., Falconer L.L., and Martin S.W. Precision farming adoption trends in the southern U.S. // Journal of Cotton Science. 2017. Vol. 21, Issue 2. P. 143–155.
- Pasquel D., Roux S., Richetti J., Commarano D., Tisseyre B. and Taylor J. (2022). A review of methods to evaluate crop model performance at multiple and changing spatial scales // Precision Agriculture. 2022. Vol. 23. P. 1489–1513. DOI: 10.1007/s11119-022-09885-4.
- Pallottino F., Biocca M., Nardi P., Figorilli S., Menesatti P. and Costa C. Science mapping approach to analyze the research evolution on precision agriculture: world, EU and Italian situation // Precision Agriculture. 2018. Vol. 19. P. 1011–1026. DOI: 10.1007/s11119-018-9569-2.
- Poonia R. C, Gao X.-Z., Raja L., Sharma S. and Vyas S. Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development. Research Essentials, 2018. 336 p.
- Birkner Z., Mahr T. and Rodek N. Changes in Responsibilities and Tasks of Universities in Regional Innovation Ecosystems // Nase Gospodarstvo/Our Economy. 2017. Vol. 63, Issue 2. P. 15–21. DOI:10.1515/ngoe-2017-0008.
- Scuderi A., Via L.G., Timpanaro G. and Sturiale L. The Digital Applications of “Agriculture 4.0”: Strategic Opportunity for the Development of the Italian Citrus Chain // Agriculture. 2022. Vol. 12. Issue 3, 400. DOI: 10.3390/agriculture12030400. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/3/400>
- Scuderi A., Sturiale L. Evaluations of Social Media Strategy for Green Urban Planning in Metropolitan Cities. In: Calabrò, F., Della Spina, L., Bevilacqua, C. (eds.) New Metropolitan Perspectives. ISHT 2018 // Smart Innovation, Systems and Technologies, 2019. Vol. 100. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92099-3_10
- Albiero D. Agricultural Robotics: A Promising Challenge // Current Agriculture Research Journal. 2019. Vol. 7, Issue 1. P. 1–3. DOI: 10.12944/CARJ.7.1.01.
- Klerkx L., Jakku E. and Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda // NJAS — Wageningen Journal of Life Sciences. 2019. Vol. 90–91: 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521419301769>
- Braun A.-T., Colangelo E. and Steckel T. Farming in the Era of Industrie 4.0 // Procedia CIRP. 2018. Vol. 72. P. 979–984. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.176.
- Lajoie-O'Malley A., Dronson K., van der Burg S. and Klerkx L. The future(s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents // Ecosystem Services. 2020. Vol. 45: 101183. DOI: 10.1016/J.ECOSER.2020.101183. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221204162030125X#>
- Andritoiu D., Bazavan L.-C., Besnea F.-L., Roibu H. and Bizdoaca N.-G. Agriculture autonomous monitoring and decisional mechatronic system // 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), 2018. P. 241–246. DOI:10.1109/CarpathianCC.2018.8399635. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8399635>.
- Rose D.C., Wheeler R., Winter M., Lobley M. and Chivers C.-A. Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet // Land Use Policy. 2021. Vol. 100: 104933. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104933. <https://>

- www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719319489
21. Попова Л.В., Горшкова Н.В., Шалдохина С.Ю. Внедрение технологий сельского хозяйства 4.0: условия и прогнозы // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2019. № 1 (235). С. 83–89.
 22. Valle S.S., Kienzle J. Agriculture 4.0 — Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production // Integrated Crop Management. 2020. Vol. 24. Rome, FAO. 40 p. <https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/resources/publications/details/zh/c/1363243/>
 23. Bongomin O., Yemane A., Kembabazi B., Malanda C., Mwape M.C., Mpfu N.S. and Tigalana D. Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art // Journal of Engineering. 2020. Article ID 8090521. DOI: 10.1155/2020/8090521. <https://www.hindawi.com/journals/je/2020/8090521/>
 24. Fielke S., Taylor B. and Jakku E. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review // Agricultural Systems. 2020. Vol. 180: 102763. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.102763. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X19310522>
 25. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб. / Росстат. М., 2021. 100 с. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf
 26. Итоговый доклад о результатах деятельности Минсельхоза России за 2021 год. М., 50 с. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/aed/aed85b58433e872aa1848ad211ced148.pdf>
 27. Новые санкции против России: влияние на рынок сельскохозяйственной техники в 2022 году // Магазин исследований. <https://marketing.rbc.ru/articles/13374/>
 28. Алтухов А.И. Парадигма продовольственной безопасности России. М.: Фонд развития и поддержки молодежи «Кадровый резерв», 2019. 685 с.
 29. Шушарин В.Ф., Вышенский М.Ю. Продовольственная безопасность России: направления обеспечения // Вестник Прикамского социального института. 2020. № 1 (85). С. 115–122.
 30. Канаматова Д.А. Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации // Вестник евразийской науки. 2021. Т. 13. № 6. <https://esj.today/PDF/70ECVN621.pdf>
 31. Chernova O.A., Mitrofanova I.V., Adamičková I. and Kleitman E.V. Digitalization of Agricultural Industry — the Vector of Strategic Development of Agro-industrial Regions in Russia // AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics. 2022. Vol. 14, no. 1. P. 45–58. DOI: 10.7160/aol.2022.140104
 32. Калинина А.Э., Митрофанова И.В., Чернова О.А. Антикризисная политика южнороссийских регионов в условиях пандемии COVID-19 // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. 2022. Т. 27. № 3. С. 296–316. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2022.3.21>
 33. Митрофанова И.В., Шкарупа Е.А. Инновационный вектор развития отечественного АПК: тенденции, ограничения и перспективы // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 12А. С. 138–153. DOI: 10.34670/AR.2021.52.61.014
 34. Коробейников Д.А. Эволюция подходов к льготному кредитованию АПК в постсоветский период // Региональная экономика. Юг России. 2022. Т. 10, № 2. С. 143–151. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.2.14>
 35. Оборин М.С. Стратегические предпосылки обеспечения продовольственной безопасности Ростовской области // Региональная экономика. Юг России. 2021. Т. 9, № 3. С. 151–161. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2021.3.14>
 36. Шкарупа Е.А. Развитие финансовой инклюзивности сельскохозяйственных товаропроизводителей // Региональная экономика. Юг России. 2021. Т. 9, № 3. С. 162–170. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2021.3.15>

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4477en/>
2. Agenda for Sustainable Development. Sustainable Development Goals. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (in Russian).
3. Trendov N. M., Varas S. and Zeng M. Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas Status Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. 152 p. Available at: <http://www.fao.org/3/ca4985en/ca4985en.pdf>
4. Muangprathub J., Boonnam N., Kajornkasirat S., Lekbangpong N., Wanichsombat A. and Nillaor P. IoT and agriculture data analysis for smart farm. Computers and Electronics Agriculture. 2019. Vol. 156. P. 467–474. DOI:10.1016/j.compag.2018.12.011.
5. Sponchioni G., Vezzoni M., Bacchetti A., Pavesi M. and Renga F. The 4.0 revolution in agriculture: a multiperspective definition. XXIV Summer School Francesco Turco — Industrial Systems Engineering. 2019. P. 143–149. Available at: <https://www.summerschool-aidi.it/cms/extra/papers/591.pdf>
6. Akberdina V. V., Pyankova S. G. Methodological aspects of the digital transformation of industry. *Nauchnyye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii* [Scientific works of the Free Economic Society of Russia]. 2021. Vol. 227, no. 1. P. 292–313. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-227-1-292-313 (in Russian)
7. Bongiovanni R., Lowenberg-Deboer J. Precision agriculture and sustainability. Precision Agriculture. 2004. Vol. 5(4). P. 359–387. DOI:10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa
8. Zhou X.V., English B.C., Larson J.A., Lambert D.M., Roberts R.K., Boyer C.N., Valencia M., Falconer L.L. and Martin S.W. Precision farming adoption trends in the southern U.S. Journal of Cotton Science. 2017. Vol. 21, Issue 2. P. 143–155.
9. Pasquel D., Roux S., Richetti J., Commarano D., Tisseyre B. and Taylor J. A review of methods to evaluate crop model performance at multiple and changing spatial scales. Precision Agriculture. 2022. Vol. 23. P. 1489–1513. DOI: 10.1007/s11119-022-09885-4.
10. Pallottino F., Biocca M., Nardi P., Figorilli S., Menesatti P. and Costa C. Science mapping approach to analyze the research evolution on precision agriculture: world, EU and Italian situation. Precision Agriculture. 2018. Vol. 19. P. 1011–1026. DOI: 10.1007/s11119-018-9569-2.
11. Poonia R.C., Gao X.-Z., Raja L., Sharma S. and Vyas S. Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development. Research Essentials, 2018. 336 p.
12. Birkner Z., Mahr T. and Rodek N. Changes in Responsibilities and Tasks of Universities in Regional Innovation Ecosystems. *Nase Gospodarstvo/Our Economy*. 2017. Vol. 63, Issue 2. P. 15–21. DOI: 10.1515/ngoe-2017-0008.
13. Scuderi A., Via L.G., Timpanaro G. and Sturiale L. The Digital Applications of “Agriculture 4.0”: Strategic Opportunity for the Development of the Italian Citrus Chain. Agriculture. 2022. Vol. 12. Issue 3, 400. DOI: 10.3390/agriculture12030400. Available at: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/3/400>
14. Scuderi A., Sturiale L. Evaluations of Social Media Strategy for Green Urban Planning in Metropolitan Cities. In: Calabrò, F., Della Spina, L., Bevilacqua, C. (eds.) *New Metropolitan Perspectives*. ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, 2019. Vol. 100. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92099-3_10

15. Albiero D. Agricultural Robotics: A Promising Challenge. *Current Agriculture Research Journal*. 2019. Vol. 7, Issue 1. P. 1–3. DOI: 10.12944/CARJ.7.1.01.
16. Klerkx L., Jakku E. and Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS — Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019. Vol. 90–91: 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521419301769>
17. Braun A.-T., Colangelo E. and Steckel T. Farming in the Era of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*. 2018. Vol. 72. P. 979–984. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.176.
18. Lajoie-O'Malley A., Dronson K., van der Burg S. and Klerkx L. The future(s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents. *Ecosystem Services*. 2020. Vol. 45: 101183. DOI: 10.1016/J.ECOSER.2020.101183. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221204162030125X#>
19. Andritoiu D., Bazavan L.-C., Besnea F.-L., Roibu H. and Bizdoaca N.-G. Agriculture autonomous monitoring and decisional mechatronic system. 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), 2018. P. 241–246. DOI:10.1109/CarpathianCC.2018.8399635. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8399635>.
20. Rose D.C., Wheeler R., Winter M., Lobley M. and Chivers C.-A. Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 100: 104933. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104933. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719319489>
21. Popova L.V., Gorshkova N.V., Shaldokhina S.Yu. Implementation of agricultural technologies 4. 0: conditions and forecasts. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika* [Bulletin of the Adyghe State University. Series 5: Economy]. 2019. No. 1 (235). P. 83–89 (in Russian)
22. Valle S.S., Kienzie J. Agriculture 4.0 — Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. *Integrated Crop Management*. 2020. Vol. 24. Rome, FAO. 40 p. Available at: <https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/resources/publications/details/zh/c/1363243/>
23. Bongomin O., Yemane A., Kembabazi B., Malanda C., Mwape M.C., Mpofu N.S. and Tugalana D. Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. *Journal of Engineering*. 2020. Article ID 8090521. DOI: 10.1155/2020/8090521. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/je/2020/8090521/>
24. Fielke S., Taylor B. and Jakku E. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems*. 2020. Vol. 180: 102763. DOI: 10.1016/j.agry.2019.102763. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X19310522>
25. Sel'skoye khozyaystvo v Rossii. 2021: Statisticheskiy sbornik [Agriculture in Russia. 2021: Statistical compendium]. Moscow, "Rosstat" Publ., 2021. 100 c. Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf (in Russian).
26. Itogovyy doklad o rezul'tatakh deyatel'nosti Minsel'khoza Rossii za 2021 god [Final report on the results of the activities of the Ministry of Agriculture of Russia for 2021]. Moscow, 50 p. Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/aed/aed85b58433e872aa1848ad211ced148.pdf> (in Russian).
27. Novyye sanktsii protiv Rossii: vliyaniye na rynek sel'sko-khozyaystvennoy tekhniki v 2022 godu [New sanctions against Russia: impact on the agricultural machinery market in 2022]. Research Store. Available at: <https://marketing.rbc.ru/articles/13374/> (in Russian).
28. Altukhov A. I. Paradigma prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Paradigm of food security in Russia]. Moscow, "Foundation for the Development and Support of Youth "Personnel Reserve" Publ., 2019. 685 p.
29. Shusharin VF, Vyshensky M. Yu. Food security of Russia: directions of provision. *Vestnik Priamurskogo sotsial'nogo instituta* [Bulletin of the Kama Social Institute]. 2020. No. 1(85). P. 115–122. (in Russian).
30. Kanamatova D. A. Ensuring food security of the Russian Federation. *Vestnik yevraziyskoy nauki* [The Eurasian Scientific Journal]. 2021. Vol 13, no. 6. Available at: <https://esj.today/PDF/70ECVN621.pdf> (in Russian).
31. Chernova O.A., Mitrofanova I.V., Adamičková I. and Kleitman E.V. Digitalization of Agricultural Industry — the Vector of Strategic Development of Agro-industrial Regions in Russia. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*. 2022. Vol. 14, no. 1. P. 45–58. DOI: 10.7160/aol.2022.140104
32. Kalinina A.E., Mitrofanova I.V. and Chernova O.A. Anti-Crisis Policy of the Southern Russian Regions in the Conditions of the COVID-19 Pandemic. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4. Istoriya. Regionovedenie. Mezhdunarodnye otnosheniya* [Science Journal of Volgograd State University. History. Area Studies. International Relations]. 2022. Vol. 27, no. 3. P. 296–316. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2022.3.21> (in Russian).
33. Mitrofanova I.V., Shkarupa E.A. The innovative vector of development of the domestic agro-industrial complex: trends, constraints and prospects]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow]. 2021. Vol. 11, no. 12A. P. 131–146. DOI: 10.34670/AR.2021.52.61.014 (in Russian).
34. Korobeinikov D.A. Evolution of Approaches to Preferential Lending in Agricultural Complex in the Post-Soviet Period. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia]. 2022. Vol. 10, no. 2. P. 143–151. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2022.2.14> (in Russian).
35. Oborin M. S. Strategic Background Causes for Food Security Provision in Rostov. *Region. Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia]. 2021. Vol. 9, no. 3. P. 151–161. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2021.3.14> (in Russian).
36. Shkarupa E. A. Development of Financial Inclusion of Agricultural Producers. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia]. 2021. Vol. 9, no. 3. P. 162–170. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2021.3.15> (in Russian).