МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аналитический обзор

Москва 2022

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аналитический обзор

Москва
2022

УДК 338.43 (470)
ББК 32.81:4
З-35

Рецензенты:
З.А. Годжаев, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН,
заместитель директора ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;
В.И. Балабанов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»)

З-35 **Мишуров Н.П., Кондратьева О.В., Гольтяпин В.Я., Федоренко В.Ф., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Моторин О.А., Труфляк Е.В., Алексеева С.А. Зарубежный опыт цифровизации сельского хозяйства**: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 224 с.

ISBN 978-5-7367-1708-8

Рассмотрены основные направления цифровизации сельского хозяйства за рубежом, в том числе системы точного земледелия, планирования посевов, автоматизации поливов, прогнозирования урожайности, информационные на базе геоинформационных технологий; внедрение беспилотных летательных аппаратов, роботов, интернета вещей и др. Большим резервом повышения эффективности являются внедрение цифровых технологий и освоение современных цифровых платформ на различных уровнях управления аграрной отрасли. Представлен анализ зарубежного опыта использования цифровых технологий в соответствии с наиболее важными показателями инновационного и технологического потенциала каждой страны (уровень развития технологий, способность экономики страны развиваться в условиях цифровой трансформации).

Предназначен для специалистов органов государственного управления АПК, сельского хозяйства и смежных отраслей, научных сотрудников, преподавателей, студентов и аспирантов аграрных вузов, сельскохозяйственных консультантов.

Mishurov, N.P., Kondratieva, O.V., Goltyapin, V.Ya., Fedorenko, V.F., Fedorov, A.D., Slinko, O.V., Voytyuk, V.A., Motorin, O.A., Truflyak, E.V., Alekseeva, S.A. *Foreign Experience of Agriculture Digitalization: Analytical Review* (Moscow: Rosinformagrotekh) 224 (2022).

The main directions of digitalization of agriculture abroad are considered. They include systems of precision farming, crop planning, irrigation automation, yield forecasting, information systems based on geoinformation technologies; the introduction of unmanned aerial vehicles, robots, the Internet of things, etc. A great reserve for improving efficiency is the introduction of digital technologies and the development of modern digital platforms at various management levels in the agricultural sector. An analysis of foreign experience in the use of digital technologies is presented in accordance with the most important indicators of the innovative and technological potential of each country (the level of technology development, the ability of the country's economy to develop in the context of digital transformation).

Designed for specialists of the state administration of the agribusiness, agriculture and related industries, researchers, teachers, students and graduate students of agricultural universities, agricultural consultants.

УДК 338.43 (470)
ББК 32.81:4
ISBN 978-5-7367-1708-8
© ФГБНУ «Росинформагротех», 2022

ВВЕДЕНИЕ

Население Земли стремительно растёт и, по прогнозам ООН, к 2030 г. достигнет 8,5 млрд человек. Аналитики Всемирного банка считают, что к 2050 г. надо увеличить количество продуктов питания на 50%, чтобы поддержать растущее население планеты, но изменение климата приведет к снижению урожайности на 25%. Для сельского хозяйства это означает регулярный и растущий спрос на сельскохозяйственную продукцию, появление ряда новых вызовов и принципиально иных требований к уровню производительности в целом.

Наступает эпоха цифровой глобализации, определяемая потоками данных, которые содержат информацию, идеи и инновации. По прогнозным данных экспертов, развитие мировой экономики к 2025 г. перейдет к внедрению технологий цифровизации на 25%, позволяющих государству, бизнесу и обществу функционировать эффективно. Развитые страны, завершив индустриализацию, успешно модернизируют свою экономику, ускоренными темпами развивая инновационные технологии, где доминируют искусственный интеллект, автоматизация и цифровые платформы.

Если рассматривать зарубежный опыт внедрения цифровых технологий в АПК, то общий мировой объем инвестиций в цифровые технологии для нужд сельского хозяйства за последние пять лет достиг 10,1 млрд долл. Глобальные расходы на научно-технологические разработки составляют около 2 трлн долл. с ежегодным приростом в среднем 4%. В последние годы вложение в ИТ-технологии достигли максимума и составило $4,6 млрд долл. в год. Самые активные страны, которые привлекают инвестиции в агростартапы, – США, Китай, Индия, Канада, Израиль [1].

Период с 2019 по 2022 г. можно смело назвать переломным моментом и отправной точкой «Большой роботизации». Все больше теоретических наработок из различных областей находят практическое применение и воплощаются в виде интегрированных решений.

Две трети североамериканских и до 90% австралийских полей уже обрабатываются полуавтономными сельскохозяйственными системами. Рынок агроботов набирает обороты – в настоящее время он оценивается в 5 млрд долл. (к 2028 г. предполагается рост до ~ 16 млрд долл.), однако и в этом направлении ожидаются серьезные перемены. Речь идет о переходе хозяйств к точному земледелию и замене громоздких и дорогих тракторов малыми роевыми агроботами, предоставляемыми производителями в формате «роботы как услуга». Точечная работа с растениями, минимизация объемов используемых химикатов, механическая прополка, а главное – низкий входной барьер позволят малым хозяйствам выдержать конкуренцию с промышленными гигантами [2].

Современные аппараты с помощью электромагнитных индукционных сканеров в автоматическом режиме способны анализировать картирование физических свойств почвы: электропроводность, кислотность, водный режим, агрохимические параметры, уплотнения, почвенно-фракционный состав и др. Например, оптические сканеры позволяют определить по интенсивности цветовой окраски травостоя потребность в азоте и других минералах, обеспечив точечное внесение дозы определенных удобрений на конкретном участке поля.

В растениеводстве используются данные снимков со спутников и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для картирования полей, оценки состояния посевов и объемов урожая, отслеживания местоположения сельскохозяйственной техники и др. Управление технологическими процессами осуществляется с помощью различных модульных структур автоматизированных информационных систем, позволяющих облегчить труд работников при выборе севооборотов, разработке технологических карт, планировании и контроле, закупках удобрений, горюче-смазочных материалов и машин, анализе и оценке эффективности возделывания сельскохозяйственных культур и др. Автоматизированный сбор урожая, например овощей, находит широкое распространение в фермерских хозяйствах за рубежом. Роботы с помощью сканирующего «зрения» выбирают только созревшую продукцию на плантации, обеспечивая повышение производительности труда [3].

Сельскохозяйственный отечественный сектор традиционно подвержен влиянию многих факторов, отрицательно сказывающихся на общей производительности (неточность прогнозных данных, низкое качество почвы, ошибочные методы посадки и сбора урожая, неправильное орошение и др.), поэтому внедрение цифровых систем и роботизированных технических средств позволит значительно снизить их негативное влияние.

В Госпрограмме «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, указано: «…данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повышает конкурентоспособность страны, качество жизни граждан, обеспечивает экономический рост и национальный суверенитет» [4].

В 2019 г. Министерство сельского хозяйства разработало ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» сроком реализации до 2024 г. Основная его цель – цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях [5].

Реализация данного проекта позволит обеспечить технологический прорыв в АПК, повысить производительность на сельхозпредприятиях и обеспечить эффективное управление отраслью за счет совершенствования процессов оперативного планирования и моделирования сценариев развития [6, 7].

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.12.2021 № 3971-р утверждено стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г. [8]. Поэтому внедрение таких технологий, как моделирование и прогнозирование, искусственный интеллект, в том числе машинное обучение, компьютерное зрение, цифровые двойники, беспилотные летательные аппараты, сельскохозяйственная техника и робототехника, интернет вещей и другие является ключевой целью «цифровой зрелости» в сфере сельского хозяйства.

В издании рассматриваются вопросы применения цифровых технологий в сфере сельского хозяйства для производства продукции растениеводства за рубежом с целью контроля и управления производством. Дан анализ состояния и перспектив развития цифровизации и интеллектуализации сельского хозяйства, систем точного земледелия и робототехнических систем, интернета вещей, различных информационных систем на базе геоинформационных технологий, блокчейн и др.

Учитывая процессы, происходящие в развитых зарубежных странах по технологизации сельскохозяйственного производства, для обеспечения конкурентоспособности на глобальных рынках российскому АПК необходимо ускоренными темпами повышать уровень цифровизации, используя новейшие достижения в информационных технологиях.

Результаты работы будут способствовать переходу к цифровому сельскому хозяйству России, полезны специалистам органов государственного управления АПК, сельского хозяйства и смежных отраслей, научным сотрудникам, преподавателям, студентам и аспирантам аграрных вузов, сельскохозяйственным консультантам.

1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЗА РУБЕЖОМ

Анализ интенсивности внедрения цифровых технологий для 12 стран из различных регионов мира показал, что для большинства отраслей обрабатывающей промышленности характерен средний и высокий уровень их распространения [9].

Мировыми лидерами в области цифровой трансформации промышленности являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Япония, Южная Корея) и Европейского союза (Германия, Франция), Великобритания, США и Канада. Например, среди крупнейших немецких компаний 91% заявляют об инвестициях в создание цифровых фабрик [10]. Первенство в области роботизации производства и 3D-печати принадлежит странам Азиатско-Тихоокеанского региона и США. Для организации производства широко используются технологии промышленного Интернета вещей (часто применяется при производстве электронного оборудования), распределенного реестра (для планирования ресурсов промышленных предприятий) [11], цифровых двойников, а также расширяется спектр областей применения ИИ.

Одним из наиболее важных показателей инновационного и технологического потенциала каждой страны является способность экономики страны развиваться в условиях цифровых трансформаций. Институт Портуланс (Portulans Institute) и Всемирный альянс информационных технологий и услуг (World Information Technology and Services Alliance) ежегодно предоставляют анализ *индекса сетевой готовности*, который основан на четырех измерениях [12] (см. приложение, табл. 1):

- технологии (доступ, контент, технологии будущего, включая искусственный интеллект и интернет вещей);
- люди (граждане, бизнес, государственные органы);
- управление (доверие, регулирование, инклюзивность);
- влияние (экономика, качество жизни, вклад цифровой экономики в достижение целей устойчивого развития).

Таблица 1

Топ 10 стран рейтинга сетевой готовности

Страна	2021 г.		2020 г.		2019 г.	
	позиция	рейтинг, %	позиция	рейтинг, %	позиция	рейтинг, %
Нидерланды	1	82,06	4	81,37	3	81,78
Швеция	2	81,57	1	82,75	1	82,65
Дания	3	81,24	2	82,19	6	81,08
США	4	81,09	8	78,91	8	80,32
Финляндия	5	80,47	6	80,16	7	50,34
Швейцария	6	80,20	5	80,4	5	81,08
Сингапур	7	80,01	3	81,39	2	82,13
Германия	8	78,95	9	77,48	9	78,23
Норвегия	9	78,49	7	79,39	4	81,30
Великобритания	10	76,6	10	76,27	10	77,73
Россия	43	57,74	48	54,23	48	54,98

В 2021 г. российским центром компетенций в сфере интернет-коммуникаций АНО «Диалог» на сессии «Цифровые монополии и киберугрозы. Столкновение платформ и государств» в рамках ВЭФ представлен Индекс оценки готовности граждан к цифровизации с целью создания единого инструмента оценки восприятия обществом процессов цифровой трансформации. Индекс подразделяется на две категории: высокий уровень цифрового развития страны (интернет: мобильный, широкополосный, количество пользователей) и цифровизация государства (наличие государственных онлайн-услуг и цифровых сервисов). В первые Топ-5 вошли Япония, Эстония, Исландия, Финляндия, Дания. Россия заняла 27 место [13].

19 января 2021 г. в Берлине состоялся 13-й Всемирный форум по продовольствию и сельскому хозяйству. Локомотивом форума по вопросам повышения эффективности мирового сельского хозяйства стала тема «Цифровое сельское хозяйство – интеллектуальные решения для сельского хозяйства будущего». Обсудив примеры агропродовольственных систем с использованием инноваций, включающих в себя «зеленые коридоры», министры сельского хозяйства 74 стран мира договорились использовать цифровые технологии, по-

зволяющие повысить производительность сельскохозяйственного производства при одновременном обеспечении устойчивости, эффективности использования ресурсов, росте занятости и развитии предпринимательства, а также улучшении условий жизни, особенно в сельских районах.

Генеральный директор ФАО Цюй Дунъюй заявил, что в результате введения карантинных мер люди стали в бóльшей степени зависеть от цифровой модели деятельности, отметив появление приложений на всех звеньях цепочки – от «фермерского поля до тарелки потребителя».

На форуме министры сельского хозяйства разных стран призвали ФАО разработать концепцию создания Международного совета по цифровым технологиям в области продовольствия и сельского хозяйства (International Digital Council for Food and Agriculture), чтобы помочь каждому использовать возможности, предоставляемые цифровизацией [14].

В апреле 2019 г. 25 европейских стран подписали Декларацию о сотрудничестве «Умное и устойчивое цифровое будущее для европейского сельского хозяйства и сельских районов» (A smart and sustainable digital future for European agriculture and rural areas), в которой содержатся меры поддержки успешной цифровизации европейского сельского хозяйства и европейских сельских территорий. Декларация констатирует, что тот потенциал, который заложен в цифровых технологиях, позволит решить важные и неотложные экономические, социальные, климатические и экологические проблемы, стоящие перед агропродовольственным сектором ЕС и его сельскими территориями [15, 16].

Декларация о сотрудничестве в области разумного и устойчивого цифрового будущего для европейского сельского хозяйства и сельских районов была подписана следующими странами ЕС: Австрия, Бельгия, Чехия, Германия, Эстония, Ирландия, Греция, Испания, Франция, Италия, Кипр, Латвия, Литва, Люксембург, Венгрия, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния, Словения, Словакия, Финляндия, Швеция, Великобритания, Болгария. Государства-члены договорились о совместном сотрудничестве, чтобы усилить поддержку исследований в таких областях, как разумное сельское хозяйство

и отслеживание продуктов питания. В планах – создание общеевропейской инновационной инфраструктуры для разумного европейского агропродовольственного сектора и пространственных данных для интеллектуальных агропродовольственных приложений [14].

По данным Markets and Markets, рынок сельскохозяйственных роботов (БПЛА / дроны, автоматизированные системы сбора урожая, беспилотные тракторы) к 2026 г. достигнет 11,9 млрд долл. при среднегодовом темпе роста 19,3%. На рынке сельскохозяйственных роботов доминируют такие игроки, как «John Deere & Company» и «AGCO Corporation» (США), «DJI» (Китай), «CNH Industrial NV» (Великобритания).

Через несколько десятков лет рынок одних только сельскохозяйственных дронов (не включая беспилотники самолетного типа) может составить порядка 32,4 млрд долл. Среди стран, где происходит активное использование беспилотников, можно отметить США, Китай, Японию, Бразилию, страны ЕС и др.

Среди крупнейших игроков мирового рынка БПЛА, которые ориентируются на сельское хозяйство, следует выделить таких представителей, как «3D Robotics», «Trimble, Inc.», «Argibotix LLC», «AgEagle» (США). Их активно «поджимают» китайские производители – «Ehang, Walkera Technology Co.», «Ltd.», «Yuneec», «Cheerson Hobby Technology Co.», «Syma Model Aircraft Industrial Co.», «Hubsan», французская «Squadrone System», австралийская «Xiro» и др.

Интеллектуальное сельское хозяйство, взявшее на вооружение интернет, систему позиционирования, робототехнику, распространение баз данных различного типа, обеспечивает устойчивое и высокопродуктивное развитие отрасли, основанное на более правильном и экономичном использовании ресурсов.

Ожидается, что рынок интеллектуального сельского хозяйства к 2026 г. вырастет до 20,8 млрд долл. при совокупном годовом темпе роста (CAGR) на уровне 10,1% в течение прогнозируемого периода. В отчете за 2021 г. представлены компании «John Deere», «Trimble», «Topcon Positioning Systems», «InnovaSea Systems», «LumiGrow», «Raven Industries», «AG Leader Technology», «AgJunction», «The Climate Corporation», «BouMatic», «Aquabyte», «Nexus Greenhouse Systems», «NV5 Geospatial» (США); «DeLaval», «Heliospectra»

(Швеция); «AKVA», «Steinsvik» (Норвегия); «Antelliq» (Франция); «Afimilk», «CropX Technologies» (Израиль); «ABACO» (Италия); «Treemetrics» (Ирландия); «Nedap», «Fancom», «Certhon» (Нидерланды); «VEMCO» (Новая Шотландия); «Hitachi Construction Machinery» (Япония); «Akuakare» (Турция); «Gamaya» (Швейцария); «ec2ce» (Испания); «Eruvaka Technologies» (Индия) [17].

По данным Всемирного исследования PwC Digital IQ, в Топ-8 технологий первое место занимает интернет вещей (IoT) – 36%, опережая искусственный интеллект – 30, робототехнику – 11, 3D-принтеры – 7, дополненную реальность – 6, технологию, связанную с созданием дронов и управлением ими, – 4, блокчейн – 3, виртуальную реальность – 2%. IoT находится на первом месте и в рейтинге, учитывающем уровень инвестиций в новые и перспективные технологии с учетом их инвестиционной привлекательности (от числа опрошенных, %): IoT – 73%, искусственный интеллект – 54, робототехника – 16, 3D-принтеры – 12, дополнительная реальность – 10, виртуальная – 7, дроны – 5, блокчейн – 3% [18]. Интенсивное внедрение цифровизации в сельское хозяйство обещает превратить отрасль, менее других подверженную влиянию ИТ, в высокотехнологичный бизнес за счет взрывного роста производительности и снижения непроизводительных расходов, которые являются атрибутами Сельского хозяйства 4.0. [19].

Вместе с Вагенингенским университетом в Нидерландах 70 партнеров проекта IoF2020 из 14 стран выбрали 5 направлений работы: проектное управление, производство, интеграция интернета вещей и имеющихся мощностей, поддержка предпринимательства, развитие экосистемы, а также пять направлений производственно-сбытовой цепочки в сфере сельского хозяйства: сельскохозяйственные культуры, молочные продукты, фрукты, овощи и мясо. В рамках проекта особое внимание уделяется активному привлечению конечных пользователей, фермеров к совместной разработке и предоставлению обратной связи по опыту использования технологий.

Если в США информационные технологии используют от 20 до 80% фермеров, то в Евросоюзе – не более 25%, несмотря на то, что он продает до 80% сельскохозяйственной техники со встроенными умными и навигационными системами. Считается, что добавленная

стоимость продуктов, произведенных с использованием цифровых технологий, возникает за счет повышения точности управленческих решений и эффективности проведения сельскохозяйственных работ. Прежде всего связано это с тем, что доля крупных хозяйств на европейском рынке значительно меньше, чем в США. Многие европейские хозяйства представляют собой многовековой преемственный «семейный» бизнес, который, как правило, имеет необходимую технику, но не имеет финансовой возможности ее замены более инновационной.

Что касается отдельных IoT-сегментов в сельском хозяйстве за рубежом, то они распределяются неравномерно, занимая шестое место (6%) из десяти после промышленной индустрии (22%), умного города (20%), умной энергетики (13%), сетевых транспортных средств (13%). Первенство в развитии цифровизации занимают Америка (48%), Европа (31%), Азиатско-Тихоокеанский регион (17%) и др. [20].

Использование ИТ в сельском хозяйстве – это не только применение компьютеров. Цифровые технологии позволяют контролировать полный цикл растениеводства – «умные» устройства измеряют и передают параметры почвы, растений, микроклимата и др. Все эти данные с датчиков, дронов и другой техники анализируются специальными программами. Мобильные или онлайн-приложения приходят на помощь фермерам и агрономам, чтобы определить благоприятное время для посадки или сбора урожая, рассчитать схему удобрений, спрогнозировать урожай и др. К концу 2020 г. насчитывалось 75 млн сельскохозяйственных IoT-устройств в мире, предполагается, что к 2050 г. средняя ферма будет генерировать 4,1 млн ед. данных в день [21].

Для управления технологическими процессами в растениеводстве используются различные модульные структуры автоматизированных информационных систем:

- планирование и контроль выполнения технологических операций на полях; распределение техники, сотрудников и выполнения задач; закупки семян, удобрений, средств защиты, ГСМ и др.;
- проведение анализа и экономической оценки эффективности возделывания сельскохозяйственных культур;

■ обработка и хранение электронных журналов полей севооборотов (БД), интеллектуальный анализ данных с автоматизированной подготовкой расчетов по планируемому урожаю, дозам удобрений и др. (табл. 2) [22].

Таблица 2

Модульная структура принятия решений в управлении технологическим процессом в растениеводстве

Рационализация севооборота
• Матрица «Предшественник-культуры»
• Выбор культур
• Выбор ротации севооборота
• Формирование севооборота *Печатная форма «Севооборот»*
Расчет баланса гумуса *Печатная форма «Баланс гумуса»*
История полей севооборотов
• Земельный фонд хозяйства
• Использование пашни
• Технологические операции *Печатная форма «Книга истории полей»*
Информационно-поисковые системы
• Поиск препарата *Сведения о препарате*
• Поиск агрегата, сельхозмашины *Сведения об агрегате или сельхозмашине*
Составление и расчет технологических карт
• Технологические операции
• Затраты труда
• Агрегаты и сельскохозяйственные машины
• Расчет амортизации
Расчетные показатели *Печатная форма «Технологическая карта»* *Печатная форма «Показатели технологии»*
Система оценки технологий
• Отбор методом «Бинарных решающих матриц»
• Построение дерева решений
• Оценка методов «Паутины»
• «Таблицы оценок»
• Оптимизация симплекс-методов

С развитием технологий сельское хозяйство становится всё более цифровизированным и весомую роль начинает играть агротех – сегмент рынка на стыке IT и аграрной промышленности.

AgroTech – новое, перспективное и инвестиционно-привлекательное направление, так как современные технологии способны снизить себестоимость производства сельхозпродукции на 20-40%. По данным аналитического агентства AgFinder, за 2021 г. инвестиции в технологическое фермерство выросли на 41%, обогнав даже пищевые технологии. Агротех стал лидером мирового рынка венчурных инвестиций, общий объём вложений в этот сектор достиг 7,9 млрд долл. Средний рост по агротехнологиям – 35% – самый большой рывок в отрасли с 2018 г.

По числу сделок лидируют проекты, предлагающие программное обеспечение для управления фермами. Затем следуют компании, связанные с интернетом вещей, сенсорным оборудованием и маркетплейсами.

Крупнейшие иностранные фонды прямых инвестиций в области агротеха: AgFund, Indigo Ag, Y Combinator, SOSV, S2G Ventures, Hatch, 500 Startups, TechStars, Cultivian Sandbox, Data Collective, The Yield Lab, New Crop Capital [23].

Во всех развитых странах большие надежды возлагаются на развитие цифровой экономики, понимая под этим различные элементы автоматизации, где доминируют технологии точного (прецизионное) земледелия, интернета вещей, робототехника, интеллектуальные системы, цифровые платформы, нейросети, механизмы помощи в принятии решений, цифровой маркетинг, хабы цифровых инноваций [24].

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах [25]:

- точное земледелие – комплексное применение технологий точного посева, внесения удобрений, орошения с использованием автономной сельхозтехники и оборудования на основании результатов обработки больших данных о параметрах производственного процесса в режиме реального времени;
- Farming-as-a-Service (FaaS) – инновационные государственные и коммерческие сервисы по управлению фермой, инструменты для

сбора и анализа информации, точного земледелия, специализированные финансовые, страховые, логистические услуги по подписке или модели с оплатой по факту использования;

- шеринг сельхозтехники, или «Uber тракторов и комбайнов», – сервисы по совместному использованию сельскохозяйственной техники и оборудования на базе цифровых платформ;
- Urban Farming – технологии городского сельского хозяйства и автоматизированных вертикальных ферм.

1.1. Точное земледелие

Это комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя географические информационные системы (GIS); технологии: глобального позиционирования (GPS), оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), переменного нормирования (Variable Rate Technology), дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и решения технологии «интернет вещей» (IoT) [26].

Одно из определений точного земледелия дает Национальный исследовательский комитет США (US National Research Council), определив как стратегию управления, использующую информационные технологии, извлекая данные из множественных источников с тем, чтобы принимать оптимальные решения по производству сельскохозяйственной продукции. Анализ рынка точного земледелия, проведенный компанией «J'son & Partners Consulting», показал, что за последние 10 лет внедрение цифровых автоматизированных решений увеличилось в 100 раз [27].

Несмотря на то, что отдельные элементы точного земледелия используются уже более 20 лет, только сейчас они становятся комплексными решениями в области устойчивого ресурсосберегающего растениеводства [28].

За рубежом технологии точного земледелия или отдельные их элементы используются очень активно. Так, по оценке Агрофизического НИИ Санкт-Петербурга, в странах Евросоюза их применяют около 80% фермеров, в США – 60%. По прогнозам аналитическкой оценки GoldmanSachs, совокупный рост производительности растениевод-

ства за счет внедрения решений точного земледелия к 2050 г. может вырасти на 70% и принести 800 млрд долл. дополнительного дохода. Рынок решений точного земледелия принесет производителям и разработчикам к 2050 г. около 240 млрд долл. [29].

Ожидается, что к 2024 г. мировой рынок оборудования для точного (прецизионного) земледелия превысит 10 млрд долл. Согласно новому исследовательскому отчету Global Market Insights, рост рынка точного земледелия объясняется повышением производительности сельского хозяйства и постоянным ростом спроса на продовольственную продукцию на мировых рынках. Фермеры многих развитых стран внедряют технологии точного земледелия с целью увеличения объемов урожая и снижения потерь сельскохозяйственной продукции [30].

Особенно активно развиваются системы точного земледелия в США, Германии, Японии, Китае, Франции и Нидерландах [31]. Основными игроками на рынке точного фермерства в секторе спутниковой навигации являются компании «Ag Leader», «AGCO Corporation», «CropX», «John Deere», «Trimble, Inc.», «Monsanto» (США); «Leica Geosystems» (Швейцария).

Успешно используют элементы точного земледелия производители сельскохозяйственной продукции в Бразилии, Дании, Японии, Аргентине [32].

Позитивное отношение к применению цифровых технологий в сельском хозяйстве наблюдается у канадских фермеров – более 80% из них применяют или готовы применять технологии «точного земледелия». Государство поддерживает сельхозтоваропроизводителей, обеспечивая их бесплатным доступом к разнообразным интерактивным картам на основе спутниковой съемки [33].

USDA оценивает степень развития цифровизации точного земледелия в США на 30-50%, а в районах с активным земледелием – до 60-80%. Наблюдается развитие цифровизации в крупных хозяйствах. Наиболее распространенными элементами цифровизации становятся компьютер с высокоскоростным доступом в интернет, анализ почвенных проб (98%), карты и мониторы урожайности, навигационные GPS-системы (~80%), технологии дифференцированного внесения (VR). Помимо этого, около 60% фермеров применяют

предписывающие карты (prescriptionmaps), более 30% – используют спутниковые снимки и анализ вегетативного индекса растений. Но в последнее время применение беспилотных летательных аппаратов положительно сказываются на интересе по использованию изображений для скаутинга, анализа данных и принятия управленческих решений [34].

Одним из новых источников информации является дистанционное зондирование. Спутники собирают информацию полевого уровня о растительном покрове, почве и погодных условиях, дроны – детальную полевую информацию, контролируют болезни сельскохозяйственных культур, влажность почвы, границы собственности и др. Эта информация используется фермерами, работниками государственных учреждений и специалистами.

Самой развернутой системой спутникового позиционирования является американская система GPS NAVSTAR, которая обеспечивает предоставление услуг в глобальном масштабе. В составе орбитальной группировки GPS в штатном режиме используется 31 навигационный спутник, каждый передает радиосигнал, содержащий данные о местоположении, времени сигнала, основных параметрах спутника и наземных станций слежения, объединенных в общую сеть. В системе GPS предусмотрено применение двух различающихся кодированных сигналов: кода P (precision – точный) и C/A (clear acquisition – легкообнаруживаемый). Обработка сигналов в GPS-приемнике обеспечивает точность P кода более 10 м и C/A кода – около 20 м. Для развития системы GPS предусмотрены программы повышения точности гражданского навигационного сигнала, создания новых навигационных спутников с повышенными тактико-техническими характеристиками, реализации пространственного селективного доступа и др. [35].

В отличие от системы GPS, реализующей кодовое разделение сигналов, в системе ГЛОНАСС используется частотное разделение сигналов. Если в системе GPS две частоты передачи сигналов, то в системе ГЛОНАСС – два диапазона частот (навигационная система двойного назначения) (рис. 1).

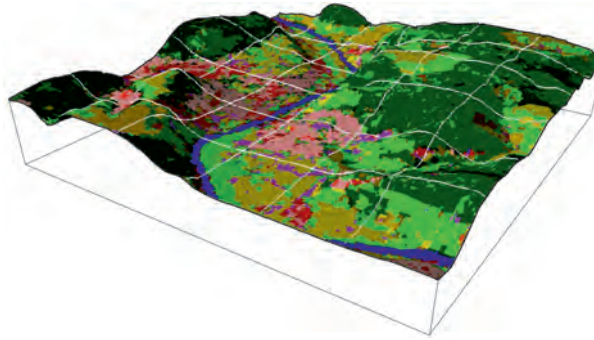


Рис. 1. Геоинформационная карта полей в 3D-формате (фото: e.sfu-kras.ru)

По аналогии с системой GPS диапазон частот сигнала стандартной точности называют диапазоном L1, а частот высокой точности – L2. Система позволяет осуществлять глобальную непрерывную навигацию путем использования сигналов стандартной и высокой точности с вероятностью 0,95 при 18 спутниках в группировке и 0,997 – при 24.

Глобальная разработка навигационных систем ведется в европейских странах (система Galileo), Китае (COMPAS), Индии (IRNSS) и Японии (QZSS).

Программа ЕС по наблюдению за Землей «Copernicus» специализируется на внедрении спутниковых снимков. В рамках нескольких миссий «Sentinels» на основе данных спутников или снимков беспилотных летательных аппаратов информацию применяют для оценки картирования границ участков, состояния посевов и объемов урожая [36]. Полученные данные географической системы используются в различных механизированных и автоматизированных процессах: управление агрегатами, отслеживание местоположения машин и их производительность, что позволяет сократить норму высева, количество проходов, расход посевного материала, удобрений, средств защиты растений, топлива, уменьшить амортизацию и др. [37].

1.2. Беспилотные летательные аппараты

За последние пять лет рынок беспилотников прошел немалый путь: менялись размеры и формы аппаратов, дешевели ключевые комплектующие, появились тейлситтеры и конвертопланы. Тем не менее мир (и рынок БЛА) по-прежнему открыт для инноваций.

По сравнению с другими способами получения данных (дистанционное зондирования земли (ДЗЗ) с помощью космических спутников и воздушных пилотируемых аппаратов) применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал. Преимущества БПЛА: рентабельность, оперативность получения снимков высокого разрешения, возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов, а также в зоне чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов [38].

Сельскохозяйственные беспилотники широко применяются в сельском хозяйстве многих зарубежных стран: США, Японии, Китае, Италии, Бразилии и др. За последние три-пять лет сельскохозяйственные БПЛА сильно изменили представление о выращивании сельхозпродукции, заменив многие операционные системы фермера, например мониторинг роста урожая и животноводческих ферм, прогноз и предложения, расчет ущерба от урагана и др.

Ведущими зарубежными производителями БПЛА за последние пять лет являются американские компании «Honey Comb Corporation», «Precision Hawk», «Sentera», «AgEagle», «Trimble», «3D Robotics», «Sentera», «Aerial Technology International», швейцарская «SenseFly» и китайская «DJI» [39].

Спутники отличаются высокой производительностью, а беспилотные системы – хорошей детализацией исследуемой территории, что позволяет получать более подробные пространственные сведения. Подобная информация достигает разрешающей способности выше 1 см/пиксель, обладает высокой точностью позиционирования относительно земных координат и позволяет определить координату объектов по высоте. Беспилотные летательные аппараты имеют еще одно существенное преимущество – доступность непосредственного применения работниками сельскохозяйственного предприятия. Для их использования достаточно пройти двух-

недельное обучение основам управления данными устройствами [40].

В зависимости от решаемых задач беспилотники оснащаются мультиспектральными камерами (их высокая чёткость изображения позволяет точно определять проблемные участки поля), датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и др. [41] и позволяют [42]:

- создавать электронные карты полей (построение 3D-модели полей);
- проводить инвентаризацию сельхозугодий;
- определять оценку объема работ и контролировать их выполнение;
- высчитывать оптимальное построение систем ирригации и мелиорации;
- проводить оперативный мониторинг состояния посевов;
- определять нормализованный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) с целью эффективного внесения удобрений;
- оценивать всхожесть и прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур;
- осуществлять экологический мониторинг сельскохозяйственных земель, охрану сельхозугодий, опрыскивание посевов химическими препаратами для борьбы с вредителями и болезнями;
- оценивать химический состав почвы [31].

Сельскохозяйственные» беспилотники позволяют создавать электронные карты полей в формате 3D, рассчитывать показатель Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный вегетационный индекс) с целью эффективного удобрения культур, инвентаризировать проводимые работы и охранять сельхозугодия.

Во время полета беспилотник в автоматическом режиме рассчитывает скорость и частоту срабатывания затвора (скорость кадров) так, чтобы обеспечить заданное перекрытие кадров. Снимки с БПЛА перекрываются на 60% в продольном и на 30% в поперечном перекрытии. В результате полета формируются набор фотографий и данные телеметрии, которые включают в себя координаты центра фотографирования, а также углы крена, рыскания и курса.

Беспилотники могут выполнять следующий комплекс задач:

■ *анализ состояния почвы*. С помощью камер и специально установленных на БПЛА датчиков фермеры анализируют состояние почвы на различных участках и определяют, на каких из них наиболее целесообразно проводить посадку семян;

■ *посадка семян*. На рынке можно найти ряд стартапов, которые предлагают сажать растения с помощью специальных дронов, выстреливающих в почву капсулами с семенами. Примером подобных стартапов является BioCarbon Engineering или Flash Forest, когда компании предлагают сажать в будущем до 1 млрд деревьев в год (рис. 2), увеличив масштабы восстановления экосистемы во всем мире [43];

Рис. 2. Дрон, сажающий деревья (источник: BuildingTECH)

■ *мониторинг состояния урожая*. Для фермеров очень важно своевременно обнаружить вредителей, от которых гибнут сельхозугодья, чтобы оперативно предпринять необходимые меры. Известно, что первые признаки ухудшения состояния растений проявляются в изменении хлорофилла, поэтому, установив на БПЛА инфракрасные камеры, фермеры могут своевременно узнать о начале гибели урожая;

■ *обработка урожая*. Потенциальная сфера применение БПЛА в сельском хозяйстве – равномерные опрыскивания урожая ядохимикатами и специальными удобрениями. С помощью беспилотников фермеры смогут проводить подобные работы удаленно;

■ *прогноз урожайности.* Собранные в ходе мониторинга данные могут использоваться для построения различных аналитических отчетов. В этом случае БПЛА будет применяться как платформа для сбора данных, в то время как основной фронт работ ляжет на специализированное ПО, обрабатывающее собранную информацию. Многие эксперты полагают, что будущее «сельскохозяйственных» БПЛА именно за этой моделью развития – сами аппараты станут «коммидити», в то время как основную ценность для рынка будут представлять специалисты, способные на основе результатов работы ПО принимать верные решения по дальнейшему развитию сельхозугодий [44].

1.3. Сельскохозяйственные роботы

Роботизированные технологии в различных сегментах экономики и отраслях жизнедеятельности требуют высокого уровня практичности, функциональности, эргономичности и эффективности. Современные инновационные машины, обеспечивающие оптимизацию рабочего процесса и существенно сокращающие затраты ручного труда, времени и ресурсов в АПК, набирают всю большую популярность и расширяют направления своего применения и специализацию.

При этом рынок многофункциональных и специализированных сельскохозяйственных роботов еще недостаточно насыщен разработками, способными полностью обеспечить высокопроизводительную механизацию процессов в растениеводстве.

Роботизация сельского хозяйства связана с определенными рисками. Среди главных проблем, с которыми сталкивается отрасль, – актуальные вопросы точной идентификации и классификации целей, препятствий, позиционирования и навигации, сложности агрономических методов и процессов, безопасности и стандартизации, а также энергоэффективности.

Согласно прогнозу Market Research Engine (MRE), к 2025 г. оборот на рынке роботов для АПК возрастет до рекордных 75 млрд долл., что в 7 раз превышает показатели 2020 г. Технологии сохранят растущий тренд по всем направлениям специализации [45].

Сельскохозяйственные роботы подразделяются на беспилотные транспортные средства и летательные аппараты, а также автоматизированные системы вегетации агрокультур.

Ведущими производителями систем автоматического вождения сельскохозяйственной техники являются компании «John Deere», «Autonomous Tractor Corporation», «AGCO Corporation» (США); «CNH Industrial» (Нидерланды).

Компания «Jonh Deere» разработала инновационную *систему автоматического вождения AutoTrac Universal 200* (рис. 3), которая может использоваться более чем на 300 моделях оборудования производства компании «John Deere» и сторонних производителей, работая со всеми сигналами приемника StarFire, позволяет соблюдать постоянную точность прохождения по заданной линии, а также сокращать эксплуатационные расходы при работе с комбайнами, тракторами, опрыскивателями и кормоуборочными комбайнами [46].

Рис. 3. Система автоматического вождения AutoTrac Universal 200

Компания «CLAAS» разработала систему GPS PILOT (рис. 4) для автоматического вождения сельскохозяйственной техники на участках пути во время движения по полю или для индикации отклонения от заданного следа.

Рис. 4. Система GPS PILOT компании «CLAAS»

CLAAS GPS PILOT охватывает максимальный диапазон скоростей при об-

работке поля от 25 км/ч до 400 м/ч и даже на таких скоростях уверенно направляет машину по полю с заданной точностью. Специально для фрезерных работ с перемещением больших земляных масс или посадочных с помощью GPS PILOT создается виртуальная траектория, обеспечивающая точно прямолинейную схему работы. Без вмешательства механизатора система AUTO TURN разворачивает машину на краю поля одним движением и направляет ее точно в следующую колею. Эта функция входит в заводскую комплектацию терминалов S10 и S7 и активируется с помощью лицензионного кода. Функция AUTO TURN активируется на выбор на границе или обрабатываемом крае поля (терминал S7). В терминале S10 дополнительно можно задать край поля нужной ширины. По достижении линии разворота на краю поля функция AUTO TURN автоматически активирует процесс разворота.

Преимущества системы: предусмотрена для всех типов машин (тракторы, силосо- и зерноуборочные комбайны), автоматический разворот машины на краю поля, облегчение работы механизатора, автоматическая обработка грядок (терминал S10), точное попадание в колею после разворота, бережное воздействие на почву благодаря развороту одним движением, минимальное повреждение растений при въезде в рядные культуры [47].

Система AgGPS® Autopilot™ (рис. 5) от компании «Trimble, Inc.» (США) обеспечивает автоматическое вождение трактора с точностью 2,5 см на всех операциях – от посадки до уборки, работу на любых операциях, в том числе при низких скоростях движения; интеграцию системы Autopilot в гидравлику рулевой системы; возможность механизатору из кабины выбирать шаблон движения и наблюдать за работой системы. Кроме того, технология компенсации рельефа Т3™ гарантирует работу системы на неровностях поля. Датчики положения, встроенные в контроллер, исправляют ошибки, вызванные наклоном, обеспечивая точное вождение техники даже на холмистой местности, экономию ГСМ до 20%, семян, минеральных удобрений и средств звщиты растений.

Система «Автопилот» включает в себя следующие компоненты: систему параллельного вождения AgGPS EZ-Guide 500 RTK, комплект оборудования для гидросистемы трактора и датчики, базовую

станцию RTK. Система интегрируется в рулевую систему трактора, позволяет выбирать шаблон движения и наблюдать за работой системы. Как только машина окажется в начале ряда, система начинает автоматическое вождение, одновременно отображая на экране курс.

Рис. 5. Система AgGPS® Autopilot™ компании «Trimble»:
1 – дисплей-курсоуказатель AgGPS;
2 – антенна-приемник GPS GLONASS;
3 – контроллер; 4 – датчик поворота;
5 – гидроклапан; 6 – РТК – базовая станция

Автопилот позволяет вести круглосуточную работу при любой погоде, на любом рельефе с неизменным качеством работ [48].

Компания «Autonomous Tractor Corporation» (США) разработала модульный роботизированный трактор без кабины управления *AT400 Spirit* (рис. 6) для обработки, сбора и транспортировки урожая в сельскохозяйственном секторе. Может использоваться с различными прицепными устройствами, снабжен оригинальным дизель-электрическим двигателем.

Рис. 6. Модульный роботизированный трактор без кабины управления AT400 Spirit

AT400 Spirit оснащен системой AutoDrive – система автономизации тракторов (и других транспортных средств) разработки АТС, основана на GPS-позиционировании с использованием двух дополнительных наземных систем уточнения позиции. Основой AutoDrive являются лидарно-радарная навигационная система (LRNS), беспроводное подключение к локальной сети, бортовая система ИИ, позволяющая «обучать» трактор выполнению повторяющихся операций без необходимости программирования. Система обнаруживает любые препятствия в зоне около 10 м, после чего останавливается и посылает SMS оператору, который может ознакомиться с ситуацией с помощью вращающейся и наклоняемой цифровой видеокамеры, закрепленной на корпусе трактора. Другая особенность системы – использование привода eDrive. Это комбинация электромоторов, электропитание которых обеспечивает бортовой генератор на основе ДВС. Мощность привода составляет 100, 200 и 400 л.с. Системы AutoDrive и eDrive могут устанавливаться и на другие шасси, включая, например John Deere 8760 и аналогичные [49].

Компании «CNH Industrial» (Нидерланды) и «Autonomous Solutions» (США) представили прототип *колесного роботрактора Case IH Magnum 340* (рис. 7), оснащенный лучшим в своем классе двигателем

Cursor 9, современной технологией CVT, эффективной трансмиссией Powershift и кабиной Surveyor с хорошей шумоизоляцией.

Рис. 7. Роботрактор Case IH Magnum 340

Основные характеристики Case IH Magnum 340: современный экономичный двигатель; приспособляемость к любым условиям; высокие уровень автоматизации и производительность при низких затратах; простота ежедневного технического обслуживания, класс 8; номинальная мощность – 310/231 л.с./кВт, максимальная – 345/257 л.с./кВт; объем топливного бака – 680 л; максимальная масса – 17 тыс. кг.

В 2020 г. презентовано новое поколение тракторов «Magnum» с системой автоматического вождения AFS Connect, обновленной кабиной и новым дисплеем AFS Pro 1200. Трактор может обмениваться данными со смартфоном и компьютером, а также позволяет дистанционно просматривать дисплей и выполнять диагностику машины [50].

Британско-испанский стартап *Earth Rover (https://www.earthrover.farm/)* в 2022 г. представил автономную прополочную систему *CLAWS (Concentrated Light Autonomous Weeding and Scouting)* (рис. 8), состоящую из трех роботов: *Pointer, Retriever и Terrier*. Система массой 300 кг работает на батареях (в будущем – на солнечных). Роботы исследуют и картографируют поле, оценивают размеры и местоположение культур, выявляют заболевания и уничтожают сорняки «концентрированным светом» импульсного лазера, применение которого вместо непрерывного повышает безопасность использования и снижает энергозатраты: за 1 с робот может выжечь до 20 сорняков.

Рис. 8. Система CLAWS, способная уничтожать сорняки с помощью уникального метода концентрированного света (фото: Adobe Stock)

Основные особенности CLAWS:

- прополка – не содержит химикатов и более безопасна, чем лазерная. Без обработки и повреждения урожая может использоваться в любых условиях без уплотнения почвы;
- разведка – углубленный анализ посевов, позволяющий точнее прогнозировать урожай и повышать урожайность [51].

Рис. 9. Роботизированная платформа Forge Robotic Platform

Компания «Autonomous Solutions» (США) разработала универсальную роботизированную платформу *Forge Robotic Platform* (рис. 9). Используя базу мини-погрузчика и более сотни существующих навесных приспособлений, она является первым в мире роботизированным решением x-by-wire.

Используется во многих отраслях, но узкая рама и исключительная грузоподъемность делают её особенно эффективной в садах и

виноградниках. Навигационная технология роботизированных компонентов Nav легко устанавливается в блок Forge, переводя его с ручного управления на роботизированное (рис. 10) [52].

Рис. 10. Система компонентов роботизированного оборудования Nav

Рис. 11. Роботизированная платформа под управлением облачной системы Xaver (Ксавер)

Совместный проект компаний «AGCO» (США) и «Fendt» (Германия) представил небольшие мобильные платформы (по 50 кг), которые могут работать под управлением *облачной системы Xaver (Ксавер)* (рис. 11). Роботы предназначены для планирования, мониторинга и документирования посадок кукурузы и других культур. Фиксируют точно положение и время посева каждого семени, способны работать круглосуточно. Благодаря несложной конструкции надежны и искробезопасны [53]. Группа из 6-12 роботов обеспечивает обработку до 1 га/ч. Мощность двигателя порядка 400 Вт, давление на грунт 0,2 кг/см^2.

Латвийский стартап WeedBot (специализируется на разработке устройств для лазерной прополки Lumina) (рис. 12), заручившись поддержкой Enot (специализируется на оптимизации нейросетей), разработал новый проект распознавания растений. *Прицеп Lumina* с 6-метровой шириной захвата несет на борту отдельные независимые прополочные модули, включающие в себя лазерную установку, камеры и графический процессор. Лазерные излучатели мгновенно на-

гревают точки роста выявленных сорняков (находятся от полезных культур на расстоянии 2 мм и более) и кипятят содержащуюся в них воду. Молодые сорняки при нагреве конуса нарастания гарантированно погибают. Внедрение нейросети Enot ускорило обработку изображений в 2,72 раза и повысило точность системы на 25%. Weedbot не загрязняет окружающую среду, не наносит экологический ущерб. Прицеп Lumina способен пропалывать 600 (1500) м/ч, обрабатывая от 3 до 15 рядов растений. Энергопотребление прицепа около 12 кВт. Первые испытания лазерной прополки прошли тестирование на посадках моркови [54].

Рис. 12. Латвийский стартап WeedBot Lumina для лазерной прополки

Рис. 13. Система SteerCommand Z2

Система SteerCommand Z2 от AG Leader (США) (рис. 13) с непосредственным рулевым управлением Topcon ACU от компании «Topcon Corporation» (Япония) организует точное гидравлическое управление для машин, имеющих интегрированную систему автоматического управления, или просто гидравлическую подготовку Steer Ready – является, пожалуй, лучшей в своем классе.

Это автопилот, встраиваемый в рулевую систему управления сельскохозяйственной техники, имеет следующие особенности:

■ комплексная система – мощный интерфейс обеспечивает управление комбайном, контроль посадки, внесения удобрений, уборки урожая и др.;

■ повторяющаяся точность – коррекция с повторяемой точностью до субдюйма (<2,5 см) позволяет держать машину на линии наведения;

■ компенсация рельефа – девятиосевая, что обеспечивает точность удержания линии, в том числе на пересеченной местности, водотоках, канавах и террасах;

■ расширенные функции наведения в рамках всей операции;

■ проектирование – единый пользовательский интерфейс позволяет управлять с помощью круглогодичных дисплеев InCommand компании «Ag Leader» и контролировать управление, посадку, сбор урожая и др.;

■ автоматическое определение ориентации – ориентация модуля управления рулевым управлением определяется автоматически, что ускоряет настройку и время работы;

■ технические характеристики – интегрированное гидравлическое рулевое управление непосредственно к шине CAN автомобиля или гидравлическому клапану;

■ калибровка и настройка – пошаговая калибровка пользователем, простота настройки с экрана запуска прямо с дисплея InCommand;

■ совместимость с GPS – сопрягается с приемниками Ag Leader GPS 6500 и 7500 и источниками коррекции, обеспечивая точность, необходимую для любых операций, от WAAS до RTK.

Система подходит для большинства транспортных средств с техникой любой марки, способной работать с автоматизированной системой рулевого управления [55].

1.4. Информационные системы на базе геоинформационных технологий

В последние годы фермеры начали активно использовать цифровые технологии для мониторинга сельскохозяйственных культур, домашнего скота и различных элементов сельскохозяйственного процесса. Одним из наиболее перспективных направлений повышения

эффективности управления сельскохозяйственным производством является использование информационных систем на базе *геоинформационных технологий* [56].

К известным зарубежным ГИС относятся ArcGIS, AtlasGIS (Environmental Systems Research Institut, США), AutoCAD (Autodesk, Inc., США), Intergraph (Intergraph Corporation, США), Maplnfo (Pitney Bowes Software, США), MGE (Intergraph Corporation, США), MapPoint (Microsoft, США), WinGIS (Progis, Австрия), ERDAS (Leica Geosystems, Швейцария), Quantum GIS (QGIS).

Системы ГИС позволяют решать следующие задачи [44]:

- планирование агротехнических операций;
- мониторинг агротехнических операций и состояния посевов;
- прогнозирование урожайности культур и оценка потерь;
- планирование, мониторинг и анализ использования техники;
- информационная поддержка принятия решений.

Планирование агротехнических операций. Информационные системы управления на базе геоинформационных технологий играют немаловажную роль в планировании агротехнических операций.

Агротехническое планирование включает в себя следующие виды работ:

- расчет потенциала и эффективности кадров и земельных ресурсов;
- обмер полей (например, путем объезда по контуру с высокоточным GPS-оборудованием с максимальной точностью 1-3 см);
- составление структуры посевных площадей и севооборотов в формате векторной электронной карты;
- анализ потребности в технике и оборудовании;
- расчет необходимого количества удобрений;
- формирование очередности операций обработки почвы, внесения удобрений и средств защиты.

На основе вышеперечисленных данных ежедневно для водителей и механизаторов составляются плановые задания, при необходимости в них вносятся изменения.

Планирование на основе данных ГИС позволяет сократить (или полностью исключить) простои в работе в случае нехватки кадров или техники, снизить стоимость агротехнических операций на еди-

ницу обрабатываемой площади, улучшить показатели урожайности.

Мониторинг агротехнических операций и состояния посевов. Для мониторинга агротехнологических операций и состояния посевов осуществляются их регистрация и подсчет затрат на их проведение, фиксация состояния посевов посредством наземных измерений, экспертных оценок агрономов и данных дистанционного зондирования Земли (аэро- и космические снимки).

Для мониторинга важны данные агрохимического анализа почв по каждому рабочему участку поля. Они могут быть получены двумя способами: в результате собственных изысканий с применением пробоотборников и лабораторий по анализу проб или путем агрохимических обследований, выполненных специализированной организацией.

Анализ конечного результата и составление отчетов. С помощью ГИС удобно проводить анализ всех выполненных агротехнических операций и отображение этой информации в виде карт, таблиц, графиков. Учитываются поступление продукции с полей, реализация зерна с поля и тока. Данные могут собираться как с диспетчерского центра, так и сниматься с электронных весов, установленных на складах или токах. Принимается во внимание расходование пестицидов и удобрений, изучается объем расходования семян при посеве.

Например, снизить расходование семян и удобрений становится возможным благодаря сведению к минимуму перекрытий посевных полос, используя систему параллельного вождения.

Прогнозирование урожайности культур и оценка потерь. Система прогнозирования урожайности строится на методах наблюдения за состоянием посевов с учетом влияния природно-климатических условий. Данная технология позволяет отслеживать динамику развития сельскохозяйственных культур, условий вегетации, определять сроки созревания урожая и оптимальные сроки уборки, проводить экономический анализ при минимальном и максимальном уровнях урожайности в различных условиях.

С учетом полученного прогноза урожайности на конкретных участках поля (включая затраты и возможную извлекаемую прибыль) принимаются решения о дифференцированной обработке по-

лей. С другой стороны, можно проанализировать возможные потери в соответствии с потенциалом урожая на бедных землях. Для более точного определения уровня урожайности на полях хозяйства используется система компьютерного мониторинга.

Эффективное функционирование картографической системы сельхозпредприятия возможно только при объединении разнородной информации в единую пространственную базу данных. Такая интеграция осуществляется путем построения объектной модели данных, в которую входят картографические слои, таблицы с информацией по объектам (посевные площади, поголовье скота, объемы производства, реализации и потребления сельскохозяйственной продукции и продовольствия и др.), аэро- и космические снимки. Анализ данных в этой системе проводится средствами картографического анализа, что позволяет получать пространственно-определенные данные прироста или снижения продуктивности.

В результате прогнозирования урожайности культур и оценки потерь можно рассчитать оптимальную цену на оборудование и материалы, в которых предприятие будет нуждаться в будущем, и определить закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию.

Планирование, мониторинг и анализ использования техники. Техническая подсистема сельскохозяйственных предприятий также пользуется геоинформационными технологиями. Она включает в себя:

- составление графиков использования техники и ее ремонта;
- анализ использования техники и горюче-смазочных материалов (все перемещения техники, расчет пробега и обработанных площадей);
- определение оптимальных маршрутов движения и транспортировки техники от базы до обрабатываемых полей;
- определение оптимальных маршрутов доставки урожая до пунктов приема;
- контроль за скоростью перемещения техники при проведении полевых работ;
- определение длины гона или оптимального расстояния между полями и пунктами сдачи сельскохозяйственной продукции по цифровой карте;

■ формирование учетных листов трактористов-машинистов и путевых листов автотранспорта.

Более подробно аспекты использования систем мониторинга подвижных объектов рассмотрены в статье «Применение ГИС-технологий в системах управления транспортным предприятием».

ГИС помогают и в усовершенствовании процессов в животноводческом секторе, например эффективно и с незначительными затратами решить следующие задачи картирования районов:

■ со скудной природной растительностью;

■ опустынивания вследствие перегрузки пастбищ;

■ деградации природной растительности на пастбищах;

■ с выбиванием растительности и эрозией почвенного покрова вокруг водопоев, на трассах перегонов и др.;

■ с загрязненными стоками животноводческих комплексов и птицефабрик и др.

С помощью ГИС-технологий осуществляется дистанционный контроль за работой хозяйства (в online формате), а также на основе получаемых отчетов анализируется эффективность вложений в производство.

Применение данных технологий в диспетчерской службе позволяет оперативно отслеживать местоположение техники, координировать работу механизаторов и водителей, в том числе посредством установления голосовой связи, контролировать расходование ГСМ и состояние техники.

Автоматизированное рабочее место агронома с использованием ГИС-технологий предусматривает ведение истории полей по урожайности, культурам, применяемым удобрениям и средствам защиты, планирование внесения удобрений с учетом индивидуальных особенностей полей, оказание информационной поддержки при оценке качества работ и выработке предложений по их планированию.

Особенно важны ГИС-технологии в управлении сельскохозяйственным производством в регионах с рискованным земледелием. Для данных территорий необходим постоянный контроль за условиями развития культур и проведением агротехнических и агрохимических мероприятий. Надзор может осуществляться как на отдель-

ных полях, так и в пределах района, области или более обширной территории.

В европейских странах использование ГИС-приложений в сельском хозяйстве давно стало необходимым компонентом в системе управления хозяйством. Россия не остается в стороне от мировых тенденции повышения эффективности сельского хозяйства за счет применения информационных технологий.

Информационная поддержка принятия решений. Для обеспечения руководителей комплексом необходимой для принятия управленческих решений информации на платформе ГИС создается база данных, содержащая:

- цифровую модель местности, на которой осуществляются агротехнические операции;
- сведения о дистанционном зондировании;
- информацию о свойствах и характеристиках почв;
- карты посевов по годам;
- историю обработки полей и др.

С целью более эффективного использования агрономическая ГИС должна содержать многослойную электронную карту хозяйства и атрибутивную базу данных истории полей с информацией о всех агротехнических мероприятиях. Обязательно должны быть включены сведения о слоях мезорельефа, крутизне склонов и их экспозиции, микроклимате, уровне грунтовых вод, содержании гумуса в почве и др. Атрибутивная база данных, содержащая данные различного характера, связана со слоями электронной карты.

Привязку начинают с гидрографической сети, овражно-балочного комплекса, в большинстве случаев дополняют дорожной сетью и другими объектами. К конкретным объектам цифровой карты также привязывают пользовательские базы данных с информацией о посевных площадях, состоянии почв и др.

Для решения задач комплексного анализа в сельском хозяйстве используются электронные карты с результатами спутниковых геодезических измерений. Использование таких методов позволяет получать детализированную информацию об обширных территориях (сельскохозяйственное предприятие, административный район и др.). Возможность определения конфигурации полей, их ориенти-

ровки, площади, направления вспашки, состояния на момент съемки способствует оперативной оценке сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, создание системы информационной поддержки процессов принятия решений на основе ГИС-технологий позволяет повысить общую эффективность сельскохозяйственного производства за счет предоставления актуальной аналитической информации по всему комплексу необходимых параметров для принятия оптимальных и своевременных управленческих решений [56].

Следующим шагом в цепочке развития цифрового сельского хозяйства является цифровой маркетинг, позволяющий воплотить инновационные решения в сфере прямого сбыта производимой продукции. Широкий спектр мобильных приложений открывает возможность для создания интернет-площадок и поиска новых клиентов в социальных сетях, сокращая тем самым услуги посредников и снабжения.

Хабы цифровых инноваций обеспечивают связь между информационно-коммуникационными технологиями и фермерскими сообществами путем объединения поставщиков ИТ-технологий, фермеров, инвесторов (например, федеральные и региональные ведомства), технологических экспертов и других заинтересованных лиц [44].

1.5. Интернет вещей

Второй волной зеленой революции в достижении нового уровня развития цифровизации стал *интернет вещей* (Internet of Things, IoT) [57], распространение которого в мировой практике стало возможным благодаря следующим технологическим трендам [58]:

- снижение стоимости вычислительных мощностей (процессоры, память, системы хранения данных) и передачи данных;
- развитие «облачных» технологий и «больших данных», благодаря чему становятся доступными гибкие системы хранения и анализа данных, несмотря на постоянное увеличение объема получаемой информации;
- увеличение числа «подключенных» устройств и др.

По прогнозам Gartner, общий экономический эффект от внедрения интернета вещей во всех отраслях экономики в мире составил

в 2021 г. почти 1,9 трлн долл., из них на долю сельского хозяйства приходится около 4% (примерно 76 млрд долл.) [29].

Резкий скачок в развитии цифровизации в сельскохозяйственной отрасли произошел, когда на сельское хозяйство обратили внимание технологические компании, научившиеся совместно с партнерами контролировать полный цикл растениеводства или животноводства за счет «умных» устройств, передающих и обрабатывающих текущие параметры каждого объекта и его окружения (оборудование и датчики, измеряющие параметры почвы, растений, микроклимата, характеристики животных и др.), а также бесшовных каналов коммуникаций между ними и внешними партнерами.

Проект «Интернет продовольствия и сельского хозяйства 2020» (Internet of Food & Farm 2020, IoF2020) представляет собой пилотный мега-проект по использованию интернета вещей, софинансируемый Европейской комиссией. Он привлекает ключевых заинтересованных игроков из частного, государственного и некоммерческого секторов по всей цепочке применения технологий: своевременный и точный анализ данных фермерского хозяйства, интернет вещей для повышения производительности и трассируемости, GPS и инструмент для отслеживания передвижения скота, технологии машинного обучения для гарантии качества молочных продуктов и др. Кроме того, проект IoF2020 направлен на решение вопросов взаимодействия систем, безопасности данных и локализации в целях структурирования оптимальных бизнес-моделей и процессов, а также предоставления соответствующих данных предпринимателям в агротехнической сфере и обеспечения поддержки при выходе на рынок [58].

Применение интернета вещей в сельском хозяйстве позволяет сельхозтоваропроизводителям сократить расходы и повысить урожайность за счет использования датчиков на каждом этапе сельскохозяйственного процесса.

Благодаря объединению объектов в единую сеть, обмену и управлению данными на основе интернета вещей, возросшей производительной мощности компьютеров, развитию программного обеспечения и облачных платформ стало возможным автоматизировать максимальное количество сельскохозяйственных процессов за счет

создания виртуальной (цифровой) модели всего цикла производства и взаимосвязанных звеньев цепочки создания стоимости и с математической точностью планировать график работ, принимать экстренные меры для предотвращения потерь в случае зафиксированной угрозы, просчитывать возможную урожайность, себестоимость производства и прибыль.

Размещенные в стратегически значимых местах метеорологические наземные станции передают важную, подробную и зависящую от местоположения информацию о погоде метеорологическим информационным службам. Датчики на сельскохозяйственной технике регистрируют её местоположение, операционные и эксплуатационные данные, уровень воды в резервуарах в режиме реального времени, а также позволяют определить, сколько времени и ресурсов требуется семени, чтобы стать полностью выращенным овощем или фруктом, и др.

Цифровые базы данных о почвах и цифровое картографирование почв позволяют управлять данными о состоянии почв и почвенного покрова в целях борьбы с опустыниванием, прекращения процесса почвенной деградации и обеспечения восстановления земель, повышения качества сельскохозяйственных земель для обеспечения устойчивости сельского хозяйства и продовольственной безопасности.

В Соединенных Штатах, например, за сбор, хранение, управление и распространение информации о почвенном покрове отвечает Служба охраны природных ресурсов (Natural Resources Conservation Service) при Министерстве сельского хозяйства США.

Еще одним примером использования данных о почвах на государственном уровне является Министерство сельского хозяйства Уругвая, которое также обеспечивает доступ общественности к информации о состоянии почв. Типы почв классифицируются в соответствии с их продуктивностью и измеряются согласно собственности на землю индексу CONEAT [59], который также коррелирует с ценой земли и делает рынок прозрачным.

Международным информационно-справочным центром по почвам (International Soil Reference and Information Centre) создана система почвенной информации SoilGrids [60], которая обеспечивает

открытый доступ к глобальной карте почв, а также к Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (World Reference Base for Soil Resources). Система постоянно обновляется, что позволяет обеспечить надежные оценки воздействия изменения климата и деградации земель на производство продовольственных продуктов [61].

Примером цифрового решения по предоставлению подробной и локальной информации фермерам и агробизнесу, складывающейся на сельскохозяйственных угодьях, является платформа, разработанная американской фирмой «aWhere». Она управляет глобальной средой агрономического моделирования, имеющей огромную мощность обработки данных, собирая их с более чем 7 млрд точек каждый день, а используя предиктивное моделирование, обеспечивает наблюдение за состоянием полей и погодой, стадиями роста, а также отслеживает риски появления вредителей и болезней. Информационная платформа и инструменты компании «aWhere» позволяют принимать сельскохозяйственные решения на основе анализа данных, что прежде не представлялось возможным [58].

В рамках исследования «Зонирование управления полями» предложено внедрение интернета вещей в области картофелеводства в целях разработки подробных карт почв и обеспечения автоматизации и связи между техникой. Пилотный проект направлен на достижение более высокой урожайности и качества при снижении производственных затрат за счет улучшения управления фермерским хозяйством, предназначен для небольших фермерских хозяйств площадью от 50 до 200 га [58].

Положительной оценкой отмечены американские почвенно-географические базы данных на официальном сайте «Служба охраны природных ресурсов»: районы земельных ресурсов (LRR) и основные районы земельных ресурсов (MLRA); географическая база данных Национальной службы почв с координатной привязкой (gNATSGO); общая карта почв США (STATSGO2); географические базы данных почвенного обследования SSURGO) и обследования почвы с координатной сеткой (gSSURGO), растровые съемки почв (RSS). Эти базы используются для планирования и управления природными ресурсами на местном и региональном уровнях фермами и ранчо, поселками и районами (рис. 14) [62].

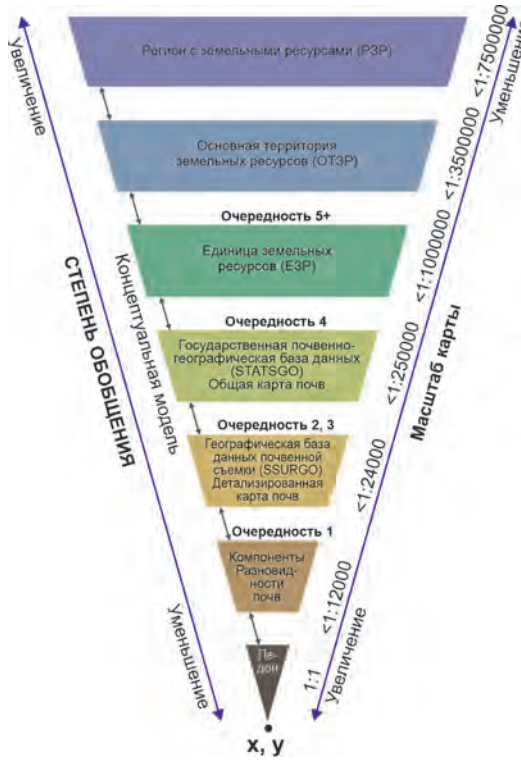


Рис. 14. Обратная пирамида иерархии земельных ресурсов

В Европе основным источником данных о почвах является Европейская база данных о почвах (European Soil Database), в том числе стран СНГ – Беларуси, Молдовы, России, Украины [63]. Кроме того, информация о почвах включена в Инфраструктуру пространственных данных в Европе (Infrastructure for Spatial Information in Europe, INSPIRE) в качестве одной из 34 тем. INSPIRE представляет собой директиву ЕС, обязывающую всех членов ЕС создавать инфраструктуру пространственных данных в сети Интернет в целях облегчения стандартизированного обмена географической информацией между странами.

Различные типы пространственных данных, предоставляемые организациями, могут одновременно использовать и объединять

разнообразные пользовательские приложения. Считается, что обеспечение широкого доступа к такой информации позволит многим отраслям и государственным учреждениям повысить эффективность производства и снизить издержки [64].

Соединение участников рынка через цифровые платформы расширяет возможности фермерских хозяйств, предоставляя доступ к соответствующей практической информации о ценах на фермерские продукты и их наличии, прогнозах погоды на местах, передовом опыте в области земледелия и животноводства, сортах семян, борьбе с вредителями, болезнями и др. (например, деловая сеть для фермеров в США (Farmer Business Network), WeFarm и Twiga Food в Кении, eKutir Global в Индии).

Во Франции, например, на платформе Le Bon Coin продается подержанное оборудование, в некоторых городах США платформа Amazon Fresh позволяет клиентам совершать покупки в интернете, платформа Airbnb (Ирландия) предлагает отдых на ферме, а краудфандинговые платформы – финансирование сельскохозяйственных проектов.

Специальные платформы для сельского хозяйства и продовольствия можно разделить на пять основных категорий.

1. *Новые рынки*. Платформы становятся «рынками» или виртуальными местами встреч, предназначенными для сбыта и приобретения товаров и услуг путем соединения пользователей и профессиональных поставщиков. Первоначально такие рынки специализировались на сельскохозяйственном оборудовании и посевных ресурсах.

Например, платформа Agriconomie (Франция) – один из самых успешных стартапов с точки зрения роста в 2021 г. (рост 80%) в настоящее время является ведущим европейским лидером для фермеров и производителей. Во Франции 67% фермеров почти ежедневно используют цифровые технологии в своей работе. Широкий ассортимент сельскохозяйственной продукции, предлагаемой Agriconomie (семена, удобрения, корма для животных, запасные части для сельскохозяйственной техники, логистика, страхование, банковские кредиты и др.), покрывает все потребности профессионалов сельского хозяйства, 350 тыс. из 400 тыс. фермеров ежемесячно посещают сайт Agriconomie.com, представляющий 370 тыс. ферм. С оборотом

30 млн евро и почти сотней сотрудников Agriconomie достигла зрелости на национальном и международном уровнях [65].

Цифровая платформа Agriaffaires основана в 2000 г. тремя французскими фермерами. Благодаря ежедневному обновляемому контенту доступна на 20 языках. Включает в себя более 15 тыс. объявлений об оборудовании для сельского хозяйства, виноградарства и лесоводства, ухода за газоном, классифицированные объявления о покупке и продаже подержанной и новой сельскохозяйственной техники. Предлагает профессионалам в области сельскохозяйственной техники ценовую обсерваторию, позволяющую им оценивать тенденции средних цен на тракторы, сеялки, микротракторы, опрыскиватели и др. (https://www.agriaffaires.co.uk/)

2. *Торговля и совместное использование на коллаборативных веб-сайтах* независимо от того, коммерческие они или нет, образуют вторую категорию платформ, предназначенных для обмена и совместного использования, на которых как пользователи, так и поставщики являются профессионалами.

Платформа WeFarmUp (Франция) предназначена для «совместного использования оборудования» фермерами. Помогает решать две основные проблемы, стоящие перед фермерами: большая задолженность и нерегулярные доходы. Одни фермеры сдают в аренду часть своего оборудования через веб-сайт, чтобы получить источник дохода, другие – арендуют оборудование, чтобы удовлетворить конкретную потребность или протестировать машину перед покупкой [66].

В США решения *MachineryLink от компании «Farmlink»* предлагают аналогичную платформу. Работает она по тому же принципу, но на MachineryLink фермеры, сдающие в аренду оборудование, могут также предложить свои услуги.

В пищевой промышленности появились платформы для совместной работы, способствующие развитию местного производства и борьбе с отходами.

В соответствии с кодексом государственных закупок *французские платформы Agrilocal и Loc'Halles Burgundy* (http://www.loc-halles-bourgogne.fr/) пытаются соединить местных поставщиков и «государственных покупателей, нуждающихся в услугах общественного питания» (средние школы, дома престарелых, больницы и др.).

Покупатель начинает с формулирования своих потребностей, выбирает между различными предложениями и размещает заказ. Затем информация передается через платформу местным поставщикам, которые могут отвечать на запросы и предлагать свои услуги.

Платформы Copia (Калифорния), *Neighbourly* (Британия), *Foodsharing* (Германия) направлены на то, чтобы связать компании (рестораны, столовые, магазины и др.), имеющие излишки продуктов питания, пищевые отходы, чтобы помочь нуждающимся. Компании заказывают транспортное средство, которое собирает остатки еды и отвозит их в продовольственный банк или приют для бездомных [67].

3. *Платформы для совместного использования* объединяют пользователей, являющихся частными лицами и профессиональными поставщиками, и образуют третью категорию платформ.

Самыми известными во Франции являются *платформы La Ruche qui dit oui, Locavor, Marchands de 4 saisons и Label fourmi*. Они связывают производителей и потребителей, которые продают/покупают продовольственные продукты (фрукты, овощи, хлеб, сыр, мясо и др.), произведенные в пределах 150 миль от точки распространения. Платформы насчитывают около 4 тыс. поставщиков и более 100 тыс. постоянных пользователей. Открытые платформы позволяют любому производителю регистрироваться на них, если продукция соответствует ряду стандартов сельскохозяйственного производства (экологичное, а не промышленное сельское хозяйство). Специфика заключается в наличии пункта доставки («улья»), находящегося рядом с местожительством потребителей, где они могут забрать свои заказы и встретиться с производителями. Производители сами определяют цену продажи своей продукции и платят комиссию с продаж в качестве компенсации платформе и менеджеру пункта доставки.

Платформы Au bout du champ, Bienvenue à la ferme (Франция) позволяют клиентам заказывать продукты непосредственно у производителей и получать их в магазине или напрямую связываться с фермерами для покупки их продукции. Другие даже организуют посещения, питание и досуг на фермах [67].

4. *Краудфандинговые платформы* также заинтересованы в аграрном секторе и пищевой промышленности. В данном случае поставщиками являются частные лица, потребители и профессионалы.

Французский стартап *платформы MiiMOSA* (https://miimosa.com/) обеспечивает связь между «лидерами проекта» и «участниками», являющимися частными лицами. Лидеры представляют сайту свой проект и указывают объем финансирования, необходимый для его реализации. Участники финансируют проекты за счет пожертвований в соответствии со своими средствами и пожеланиями. Однако они получают своего рода компенсацию в натуральной форме (продукт, еда или выходные). Платформа финансируется в виде комиссии от 8 до 12% требуемой суммы.

Платформа *Blue Bees* (https://bluebees.fr/fr/) имеет несколько отличительных особенностей по сравнению с MiiMOSA. Она финансирует проекты в области экологии (особенно проекты органического земледелия), в том числе за рубежом, предоставляет финансирование в виде кредитов. В проекте участвуют «местные субъекты» (проектные бюро, ассоциации, НПО, компании справедливой торговли и др.), которые организационно-экономически и финансово поддерживают их реализацию [67].

5. Пятая категория платформ включает в себя только физические лица, являющиеся как поставщиками, так и пользователями. Представители категории обмениваются рецептами, продуктами и приготовленными блюдами из сельхозпродуктов. Эти обмены, будь-то коммерческие или нет, касаются в основном общественного питания и гастрономии.

Совместная платформа VizEat (Франция, https://www.eatwith.com/fr) для обмена едой (фуд-серфинг) направлена на то, чтобы связать туристов и хозяев. Ею пользуются более 60 стран. Гость бронирует и оплачивает еду на онлайн-платформе. «Услуги» оплачиваются по цене, свободно устанавливаемой поставщиком: она включает в себя стоимость питания и представительские расходы. Сайт берет комиссию в размере 15% цены, установленной для пользователя. Платформы VoulezVousDiner и BonAppetour (Франция), а также Feastly, Bookalokal и EatWith, созданные на международном уровне, основаны по тому же принципу.

Совместное использование бартерных платформ для обмена фруктами, овощами, рыбой, мясом, яйцами, грибами, семенами, растениями, медом, макаронами и специями распространяется в

Северной Америке посредством LA Food Swap (Лос-Анджелес) и Chicago Food Swap (Чикаго). В рамках LA Food Swap сообщество организует различные «мероприятия», во время которых его участники, ранее зарегистрированные на платформе, обмениваются домашними или выращенными продуктами.

От тракторов до органического меда цифровая экономика платформ становится ускорителем, что значительно упрощает торговлю в области сельского хозяйства и продуктов питания. Но это носит и разрушительный характер: фермеры превращаются в поставщиков услуг (от сельскохозяйственных работ до размещения туристов), и наоборот, частные лица становятся фермерами. Благодаря наглядности и рекламе биржи интегрируются в формальную экономику, что открывает возможности для экспериментов и распространения нововведений [67].

1.6. Участие ФАО в цифровизации сельского хозяйства

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) с Международным союзом электросвязи (МСЭ) – ведущим специализированным учреждением ООН в области информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) разработала руководство по стратегии электронного сельского хозяйства, направленное на содействие государствам в формировании и реализации политики цифрового сельского хозяйства [68].

Структура руководства по стратегии электронного сельского хозяйства: разработка концепции национального электронного сельского хозяйства, составление плана действий по национальному электронному сельскому хозяйству, мониторинг и оценка реализации национального электронного сельского хозяйства. На этапе разработки концепции национального электронного сельского хозяйства определяются роль отрасли в национальном развитии, приоритеты его развития, вызовы и возможности. В рамках составления плана действий выявляется, как цифровизация сельского хозяйства будет способствовать преодолению проблем отрасли и достижению целей развития. На этой стадии определяются концепция и основные ком-

поненты электронного сельского хозяйства с отражением текущего состояния цифровизации [69].

ФАО разработаны приложения, базы данных и платформы для поддержки развития сельского хозяйства по всему миру. Эти цифровые сервисы расширяют доступ к полезным данным, информации, картам и статистике. Данные цифровые услуги представляют собой часть более широкого портфеля цифровых услуг ФАО (рис. 15).

Рис. 15. Цифровые сервисы в стратегии электронного сельского хозяйства

Agri Apps – сельскохозяйственные услуги и цифровая интеграция в Африке. Приложение «Agri Apps» предоставляет фермерам инфор-

мацию и консультационные услуги, которые помогут им увеличить производство, получить доступ к информации о рынке и питании. Приложение включает в себя различные службы, которые меняются в зависимости от местоположения GPS, обнаруженного устройством пользователя, содержит информацию в виде письменных текстов и аудиозаписей. Контент доступен на многих языках.

ФАО запустила четыре приложения для сельскохозяйственных услуг в Африке, которые в режиме реального времени выдают информацию о погоде и календаре урожая, уходе за скотом, рынках и аспектах производства продуктов питания.

Портал открытого доступа к воде WaPOR предоставляет спутниковые интерактивные карты стран Африки с информацией о потребности в пресноводных ресурсах и обусловливает необходимость разработки инструментов для мониторинга и повышения эффективности водопользования (рис. 16) [70].

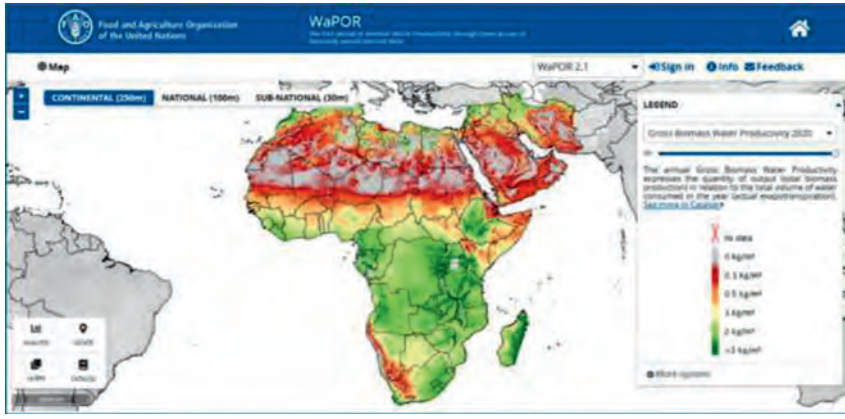


Рис. 16. Интерактивная карта WaPOR

Система индекса сельскохозяйственного стресса (ASIS) отслеживает сельскохозяйственные районы с высокой вероятностью нехватки воды (засухи) на глобальном, региональном и национальном уровнях с помощью спутниковых технологий (рис. 17). Сельскохозяйственный стресс-индекс (ASI) является индикатором для раннего выявления пахотных земель с высокой вероятностью недостатка влаги (засухи).

В рамках отдельных стран ASIS можно использовать для разработки индекса страхования сельскохозяйственных культур на основе дистанционного зондирования земли [71].

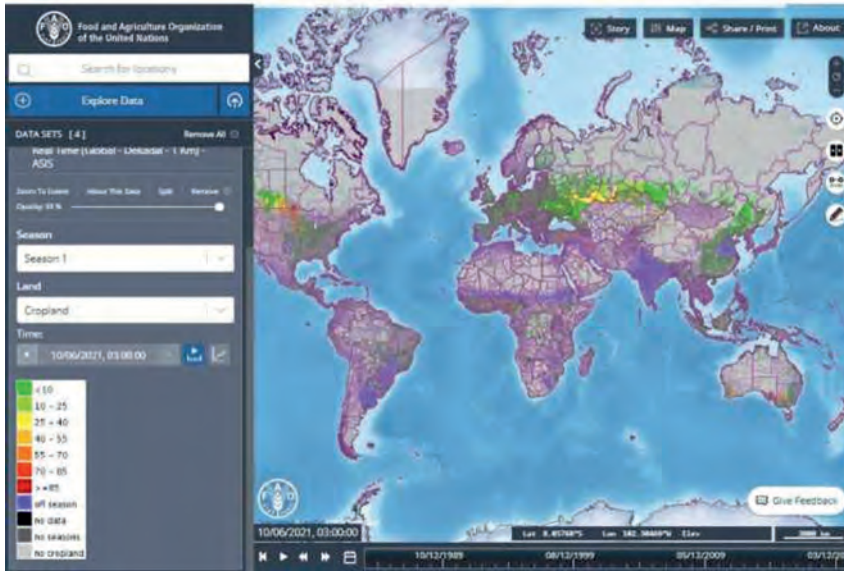


Рис. 17. Интерактивная карта (ASIS)

2. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

2.1. Страны дальнего зарубежья

2.1.1. Европейский союз

В 2019 г. 24 государства – члены Европейского союза – подписали декларацию «Интеллектуальное и устойчивое цифровое будущее для сельского хозяйства и сельских районов Европы» [72]. Документ признает потенциал цифровых технологий в решении важных и неотложных экономических, социальных, климатических и экологических проблем, с которыми сталкиваются агропродовольственный сектор ЕС и сельские районы (рис. 18).

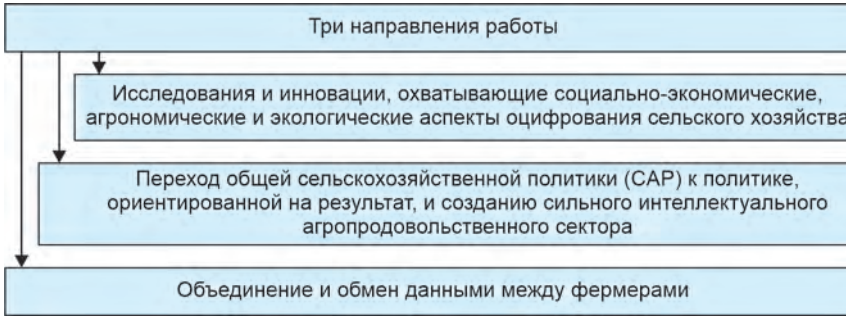


Рис. 18. Потенциал развития цифровых технологий

В девятой рамочной программе ЕС *«Горизонт Европа – 2021»* по научным исследованиям и технологическому развитию в сфере сельского хозяйства *тематика точного фермерства* поддерживалась в рамках сети Европейской исследовательской области («European Research Area-Network» – «ERA-NET»), оказывающей содействие партнерству между государственными институтами, включая совместные программные инициативы между странами-членами в подготовке и создании сетевых структур, имплементации и координации совместных действий. Большинство научных разработок в

области точного фермерства по-прежнему создается в рамках сети «ERA-NET», которая включена в программу «Горизонт Европа – 2021». В программе сделан акцент на поддержку менее развитых стран ЕС в направлении «Spreading excellence» для ликвидации разрыва между странами Западной и Восточной Европы и упрощение структуры рамочных программ ЕС, в том числе посредством сокращения и объединения существующих механизмов финансирования. Кроме того, программа должна стать более открытой по сравнению с предыдущими рамочными программами ЕС.

Еще одной задачей программы стало укрепление связей с третьими странами путем предоставления возможности торговым партнерам ЕС – США, Канаде или Австралии получать статус ассоциированных с рамочными программами ЕС стран вне зависимости от их географического положения. Единственным критерием мероприятия выделили высокий уровень развития науки и технологий, а одним из условий сотрудничества с иностранными партнерами – взаимное софинансирование.

В рамках реализации программы по разработке европейской геостационарной службы *навигационного покрытия EGNOS* нового поколения (EGNOS V3) французско-итальянская авиакосмическая компания «Thales Alenia Space» объявила в 2022 г. о подписании контракта с Европейским агентством по космической программе (EUSPA).

Данная версия будет дополнена новой технологией, разработанной Thales Alenia Space, по передаче наземными навигационными станциями дифференциальных поправок и информации целостности по системам GPS и Galileo на геостационарные спутники с установленной полезной нагрузкой EGNOS – NLES-G3.

Технология NLES-G3 будет интегрирована с новой полезной нагрузкой на борту спутника Eutelsat E5WB (GEO-3), что позволит улучшить технические характеристики и повысить общую производительность системы EGNOS для решения навигационных задач, требующих высокой точности и надежности (например, в авиации). Сертификация и ввод в эксплуатацию EGNOS V243 запланированы на 2024 г. [73].

В ЕС одобрен документ CEMA (Европейское сельскохозяйственное машиностроение), отдельные пункты которого предполагают

внедрение информационных технологий в сельскохозяйственную отрасль стран-членов ЕС. Реализуемая концепция точного земледелия подразумевает применение интегрированной системы управления и предполагает ряд следующих операций:

- мониторинг урожайности с применением системы позиционирования на базе глобальных навигационных спутников;
- картирование поля по урожайности убираемой культуры, наличию в почве химических элементов, влажности и засоренности посевов;
- практическая реализация принятых решений, выполняемых машинно-тракторными агрегатами, согласно программам, в аппликационных картах, вложенных в бортовые компьютеры: по координатной обработке почв, адресно-дозированному внесению удобрений.

В основу технологии точного земледелия положены геоинформационные системы, позволяющие снимать, накапливать и обрабатывать информацию, характеризующую посев. В результате составляются операционные карты урожайности и почвенные, агрофитоклиматограмм, засоренности и влажности растений, зерна. Длительный мониторинг полей с составлением операционных карт позволяет уточнить севообороты, оптимально скомплектовать машинно-тракторный парк, выбрать режимы работы машин. Особенно большой эффект отмечен от экономии минеральных и органических удобрений [74].

В европейских странах хорошо развиты малые формы хозяйствования. Фермеры выращивают разнообразную плодоовощную продукцию, используя методы органического земледелия на небольших площадях (до 5 га). Помощником в сельскохозяйственных работах выступает *робототехника для микроферм ROMI*, которая позволяет сократить ручной труд и повысить производительность труда. Роботы помогают земледельцам в мониторинге урожая с помощью беспилотных летательных аппаратов, составляя координаты с подробной информацией об образцах растений, борьбе с сорняками и вредителями [75].

В рамках финансируемого Европейским союзом проекта для устойчивого производства, выращивания и уборки высокоценных культур *компания «Crops»* разработала ноу-хау для высоконастра-

иваемой умной платформы-носителя, включающей в себя модульные параллельные манипуляторы и интеллектуальные инструменты (датчики, алгоритмы, захваты, распылители). Они легко устанавливаются на носитель и способны адаптироваться к любым задачам и условиям. Роботы разрабатываются для опрыскивания и сбора урожая на конкретных участках. Большое внимание уделяется обнаружению препятствий с помощью сенсорных систем и алгоритмов видения для безопасной работы на плантациях и садах. Манипулятор с девятью степенями захвата разработан и протестирован для сбора урожая тепличных овощей и фруктов (в том числе винограда) в садах. Робот обнаруживает плоды, определяет их зрелость, захватывает и мягко отделяет от растения, складывая в контейнер. Платформа способна проводить мелиорацию на конкретный участок согласно поставленным целям [76].

Одной из наиболее развивающейся и перспективной технологией в сельском хозяйстве является Искусственный интеллект (ИИ), но в данное время технологии ИИ в основном используют в экспериментальных хозяйствах. В 2021 г. компанией «Microsoft» представлена *технология «Sonoma»*, ставшая победителем *тепличного эксперимента Autonomous Greenhouse Challenge (Нидерланды)*. Самые продвинутые ИТ-гиганты выясняли, как технологии машинного обучения смогут справиться с выращиванием растений и насколько реально использовать эти технологии в «традиционном» садоводстве [77-80].

Системы автоматизированного сбора урожая применяются давно, однако в эксперименте речь шла о полном контроле ИИ над производством. Технология команды «Sonoma» позволила вырастить 50 кг огурцов на 1 м^2. Нейронная сеть управляла ирригацией, газовым составом, внесением подкормки, температурным режимом и другими аспектами, влияющими на рост огурцов [81].

Опыт европейского Интернет-проекта «*Продовольствие и Ферма – 2020*» (Internet of Food and Farm 2020 Project – IoF2020), в котором участвуют университеты, а также промышленные компании «КВ» – CNHi («Ивеко», «Кейс», «Нью Холланд») и «Квернеленд», продемонстрировали совместимость работ различных датчиков и сенсоров разных сельскохозяйственных машин и агрегатов с ЭВМ в стан-

дартизированном формате на ферме. Для этого была использована компьютерная платформа ADAPT (http://www.adapt.ru/, для специалистов – это часть софта AgGateway), позволяющая беспрепятственно получать и отправлять различную информацию, «переводить» ее на единый язык и использовать по назначению, а фермерам – контролировать данные, поступающие от механизмов самых разных производителей. Проект стоимостью 30 млн евро финансируется при участии ЕС.

Веб-сайт EIP-AGRI (рис. 19) (https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en) обладает полезными и интерактивными функциями.

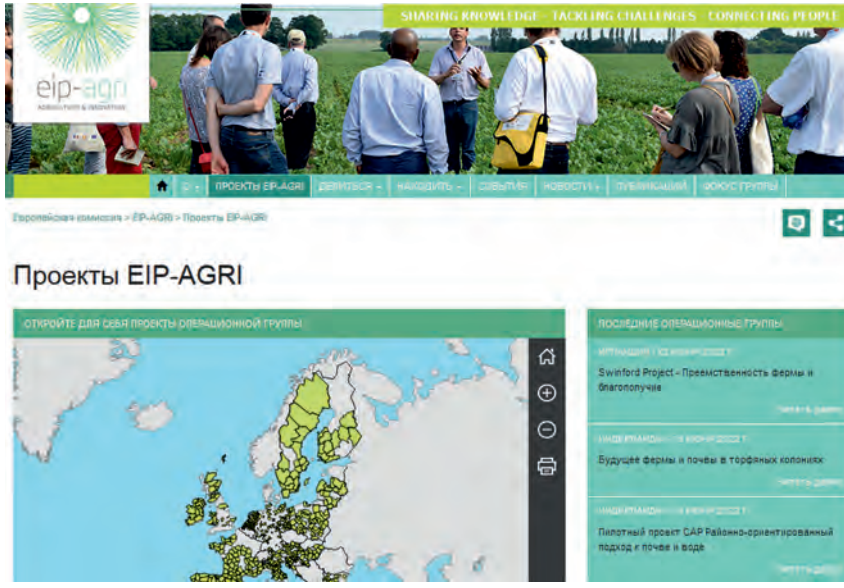


Рис. 19. Проекты европейского инновационного партнерства на веб-сайте EIP Agri

Заинтересованные посетители системы могут озвучить свои потребности в исследованиях, открыть для себя возможности финансирования инновационных проектов и найти партнеров, с которыми можно связаться посредством сайта. Благодаря интерактивным функциям веб-сайта пользователи могут делиться инновационными

проектными идеями и практиками, информацией о проектах, включая результаты проектов, заполнив доступные и простые в использовании электронные формы. Планируется, что веб-сайт EIP-AGRI в перспективе станет универсальным центром сельхозинноваций в Европе.

Еще один проект по типу «аппарат-облако» (находится в разработке) позволит совершенствовать механизм совместимости, в том числе в ходе управления агрегатами в реальном времени. Для этого разработчики будут работать совместно с Фондом электроники сельскохозяйственной промышленности – AEF (the Agricultural Industry Electronics Foundation), объединяющем более 200 фирм [82].

2.1.2. Нидерланды

В 2021 г. страна заняла первое место в Топ-10 стран рейтинга сетевой готовности (2020 г. – четвертое место, 2019 г. – третье) [83].

В последние годы экспорт голландской продукции превышает 100 млрд долл., а в индексе сетевой готовности государство занимает первое место по итогам 2020 г. [69].

В связи с ограниченными земельными ресурсами Нидерланды в целях повышения производительности в сельском хозяйстве широко применяют инновационные подходы в управлении агарным производством. Распространена и продолжает интенсивно внедряться в сельском хозяйстве цифровизация. В качестве решений применяются технологические разработки в области точного земледелия, больших данных и умного сельского хозяйства, технологии искусственного интеллекта (ИИ) и интернета вещей. Оптимизация производственных процессов с помощью цифровых технологий, эффективная логистика и высокая производительность труда вывели страну на лидирующие позиции в мире. Созданная «пищевая долина», идейным центром которой является Вагенингенский университет, вывела её в мировые лидеры по экспорту продовольственной продукции и показателям в цифровых рейтингах.

Одной из основных направлений данного университета является Исследовательская программа WUR. Исследования в области инноваций, основанных на анализе данных и высоких технологиях, относятся к приоритетным направлениям WUR. Значительный вклад

в эту область вносит исследовательская программа Data Driven & High Tech (управление данными и высокотехнологические инновации).

Data Driven & High Tech исследуют следующие направления:

- *искусственный интеллект (ИИ) на основе анализа данных.* В ближайшие годы WUR планирует использовать искусственный интеллект для разработки технологически передовых решений. Ведется работа над созданием надежных инструментов для научной оценки алгоритмов, данных и приложений. Планируется создать наборы данных с открытым исходным кодом, которые позволят машинам обнаруживать закономерности и приспосабливаться к меняющимся обстоятельствам;
- *робототехника и поддержка принятия решений.* Согласно исследованиям WUR, обнаруживая закономерности в большом количестве данных, роботы могут принимать более правильные автоматизированные решения. Например, университетом разработан робот по сбору урожая для фермеров, способный распознавать и собирать спелый перец с помощью трехмерной среды и 100 тыс. виртуальных фотографий;
- *инфраструктуры для обмена знаниями.* Согласно оценкам университета ожидается, что в 2030 г. пищевая промышленность будет в основном принимать решения на основе данных из открытых и общих источников, например с платформ, связывающих и обменивающихся данными исследований, машин, датчиков и других источников информации. WUR работает над несколькими такими платформами для фермеров, сельского хозяйства, землепользования и экономического анализа. Университет поддерживает 200 тыс. фермеров, предоставляя геоданные на основе спутниковых сигналов, полученных из других источников и позволяющих оценить отклонения в физическом состоянии своих участков;
- *общество и экономические аспекты.* Согласно позиции Вагенингенского университета, исследования, основанные на данных и высоких технологиях, требуют ясности в отношении того, как следует использовать информацию соответствующих программных средств. Университет сопоставляет юридические требования, применимые к этим новым технологиям, и разрабатывает

руководящие принципы защиты конфиденциальности и владения данными.

В 2020 г. ученые университета в программе WUR запустили первые три проекта цифровых двойников, один из которых – цифровой близнец помидоров в теплице. Имитационная 3D-модель в режиме реального времени получает информацию от датчиков из реальной теплицы. Эти постоянные обновления создают цифрового двойника более совершенным, чем существующие имитационные модели. Взаимодействие между характеристиками культуры (сорта), факторами окружающей среды и управлением культурой моделируется в виртуальной культуре. Поскольку модель привязана к реальному урожаю помидоров в теплице, становится возможным все больше и больше уточнять прогнозы и делать лучший выбор для реального урожая. Инструмент можно использовать также для определения наиболее перспективных стратегий, вносить коррективы в параметры теплицы в модели, а также применять к реальной культуре [69, 84].

Компания «EagleSensing» (https://www.eaglesensing.com/crops) специализируется на предоставлении решений в области аэрофотосъемки для различных целей в сфере сельского хозяйства (рис. 20). Стартап активно задействует машинное обучение при предоставлении услуг по сбору и анализу данных касательно состояния аграрных предприятий. Предоставляемые услуги включают в себя создание ортофотоплана для аэрофотоснимков, цифровые модели поверхности (DSM) и местности (DTM), нормализованный вегетационный индекс (NDVI) и др. Аналитика по конкретным культурам дает представление о здоровье, близости растений, высоте и биомассе на плантации и вокруг нее.

Компания «Gearbox» разрабатывает, проектирует и производит передовые машины и оборудование, управляемые искусственным интеллектом и данными, объединенными в единой облачной платформе. Цифровые решения представлены на сайте компании (рис. 21) [85].

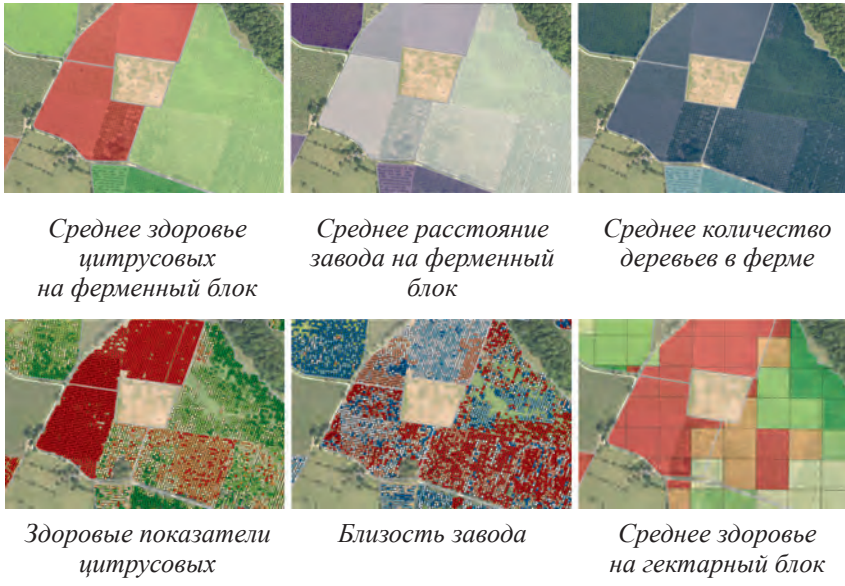


Рис. 20. Данные аэроаналитики по цитрусам

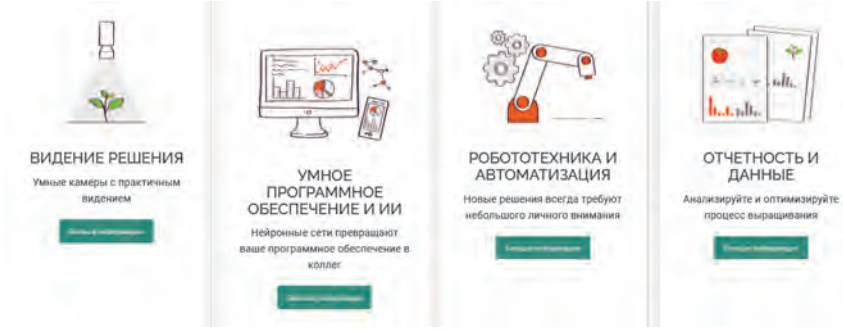


Рис. 21. Цифровая платформа компании «Gearbox»

Компания «Skylab Analytics» (http://skylabanalytics.com/) предоставляет решения в области геопространственной аналитики, предложив программную платформу «Skylabs Cultivate» для обработки данных и поддержки в сфере анализа и принятия решений в сельскохозяйственной сфере. Искусственный интеллект и машинное обучение по-

зволяют находить корреляции, которые в противном случае не были бы найдены. Новые возможности для бизнеса появляются благодаря применению этих методов к потокам аэрофотоснимков и спутниковых изображений, а также к наборам геопространственных данных. Фермерам дается возможность подключать собственные датчики и другие инструменты сбора информации к платформе, генерирующей аналитику с использованием искусственного интеллекта, в том числе для карт задач по внесению удобрений и карт переменной нормы (VRA) в точном земледелии. К платформе могут быть подключены такие устройства, как насосы и механические приводы для дистанционного управления производством. Одновременно компания оказывает услуги по предоставлению решений в области точного земледелия с применением беспилотных летательных аппаратов и спутниковых изображений с целью сбора электромагнитных данных и их последующей расшифровкой, а также по тестированию почв с применением собственной платформы и последующего анализа получаемых данных. Skylab Analytics помогает производителям продуктов питания управлять цепочками поставок с помощью цифровых технологий. Примерами являются создание карт задач по внесению удобрений для техники с переменной нормой внесения, создание микропрогнозов погоды и крупномасштабных прогнозов урожайности и качества. Проводя наблюдения земли с близкого и дальнего расстояния, компания предлагает оптимальные решения в применении данных современной цифровой системы земледелия (рис. 22) [30].

Рис. 22. Спутниковые данные компании «Skylab Analytics» в области геопространственной аналитики

Компания «SpectroAg» (https://spectroag.com/) предлагает линейку цифровых решений для искусственного интеллекта и спектрального зондирования в области точного земледелия: Deep4drone, Deep4Sat, ГиперСлит, Huper4Grass, 3D-NDVI. Занимаясь разработкой гиперспектральных датчиков с поддержкой машинного обучения, устанавливаемых на беспилотные летательные аппараты для сбора и анализа полевых данных, она использует технологии машинного обучения и облачных вычислений для обработки изображений и генерации информации в реальном времени из собираемых данных.

3D-NDVI – мультиспектральные изображения, которые широко используются для получения индексов растительности, в том числе нормализованного различия (NDVI) для мониторинга состояния растений. Карты NDVI позволяют заглянуть за пределы видимых спектральных полос растительного покрова в режиме 2D. В нескольких проектах по исследованию и мониторингу растений требуются карты NDVI во всех ракурсах сторон растений в 3D-формате с высоким разрешением. Однако создание 3D-карт NDVI с высоким разрешением для больших территорий сопряжено с рядом проблем на этапах сбора и обработки данных. Компанией «Spectro-AG» спроектировано и разработано решение (аппаратное и программное обеспечение) для создания трехмерных карт NDVI с высоким разрешением на основе мультиспектральных изображений с дронов для мониторинга и картирования здоровья растительности в Германии, Нидерландах, Афганистане и др. Изображения, полученные DJI Mavic и камерой Sequoia, позволяют создать 10-сантиметровое облако точек 3D-NDVI на тестовой площади 10 га менее чем за 1 ч (рис. 23).

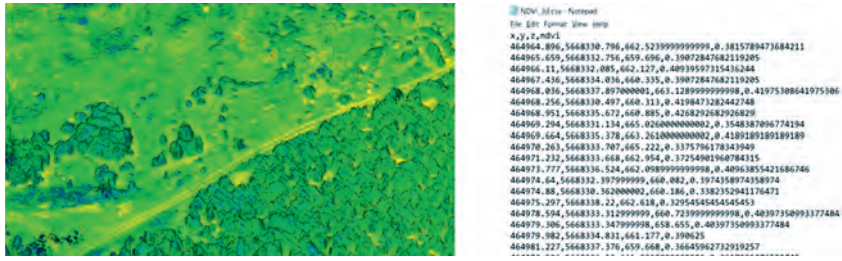


Рис. 23. Мультиспектральное изображение 3D-NDVI компании «SpectroAg»

Беспилотники все больше входят в нашу жизнь и уже никого не удивишь дронами, способными следить за состоянием посевов, проводить с воздуха обработку полей пестицидами или помогать землеустроителям уточнять границы пахотных земель. Ученые Нидерландов научили летательные аппараты вылавливать насекомых поштучно.

Болезни растений и вредители – наиболее частые причины снижения урожайности, поэтому применение точного земледелия с использованием системы цифрового зрения беспилотных летательных аппаратов доказывает необходимость в обнаружении подобных явлений. Собираемая информация преобразуется в карту задач, на основании которой автоматизированные системы могут точечно применять химические средства защиты растений, что способствует уменьшению использования химикатов.

Специалисты *PATS Indoor Solutions* (дочерняя компания Делфтского технологического университета) разрабатывают и внедряют небольшие беспилотники для автоматизированной борьбы в теплицах с вредными насекомыми без применения химических и биологических препаратов. Система PATS состоит из базовой станции с посадочной площадкой и дронов. Базовая станция сканирует окружающую среду на наличие насекомых, выявляя вредителей. Обнаружив их, она запускает маленький дрон, который начинает маневренно преследовать насекомых, уничтожая механически с помощью крутящихся роторов. После этого он возвращается на посадочную площадку, где находится до следующего обнаружения вредителя. Система полностью автономна и рассчитана на работу в теплицах [86].

С 2022 г. компания «*SO Group*» начала разработку и производство робототехники для защищенного садоводства. ISO в основном предлагает решения для молодых растений в овощной промышленности [87, 88].

Прививочные машины ISO Graft 1200, ISO Graft 1100 позволяют автоматизировать процесс прививки. С помощью ISO PlantSampler можно автоматически брать пробы молодых овощных растений, чтобы избежать ошибок, допускаемых человеком, в процессе отбо-

ра проб. Компания предлагает решения ISO Group для сортировки молодых растений, а также камеры и решения для сортировки таких растений и сбора данных о них.

В процессе прорастания крайне важно знать профиль ДНК новых сортов. *SO PlantSampler* (рис. 24) автоматизирует сбор материала ДНК. Захват высекает частичку растения и переносит на лабораторное стекло. Автоматизированная система с помощью микротитрационного планшета рассматривает образцы листьев рассады, проводя отбор проб, и собирает данные о растениях.

Рис. 24. Автоматизированный сбор материала ДНК SO Plantsampler

Автоматическая режущая сеялка последнего поколения ISO 2500 (рис. 25) (предшественник ISO Cutting Planter 4000) – автоматизирует тяжелую монотонную ручную работу по посадке черенков. Удобный интерфейс обеспечивает простой и быстрый ввод операций в программу. Конвейер встряхивает черенки, чтобы можно было отделить растение друг от друга. Захват оснащен толкающим устройством, обеспечивающим надежную посадку черенка в почву, при этом каждый черенок вдавливается на одинаковую глубину, обеспечивая идеальную однородность посадки. Режущая сеялка ISO 2500 способна сажать большой ассортимент сельхозкультур в рыхлую почву, бумажные и торфяные коробки. Оператор может управлять семью машинами, что значительно повышает производительность труда.

Рис. 25. Режущая сеялка последнего поколения ISO 2500

ISO DataGenerator (рис. 26) – автоматизированная машина для сбора и анализа данных молодых растений.

Рис. 26. Генератор данных ISO DataGenerator

Растения помещаются в машину на поддоне. С помощью 3D-изображения система дает информацию по каждому из них: объему; площади листьев; длине, ширине и углу стебля; количеству листьев и др.

С помощью систематизированного устройства *ISO 3D Sorter* можно сортировать растения на основе 3D-изображения, распределяя растения по внешним показателям. Садовод получает большие возможности для отбора растений на очень высоком уровне. Данные

предназначены не только для сортировки, но могут использоваться и для сбора дополнительной информации о сорте или культуре в целом.

Рис. 27. Прополочный робот Robot One

Стартап компании «*Pixel-farming Robotics*», готовит коммерциализацию прополочных роботов *Robot One* (рис. 27) с 2022 г. Робот может действовать в режиме телеуправления или автономно следовать по заданному маршруту, полагаясь на технологию RTK, камеру и лидар. Машина массой почти 2 т отличается высокой точностью, может удалять сорняки, находящиеся в непосредственной близости от выращиваемых культур. Десять манипуляторов подстраиваются под ряды растений – модульная конструкция допускает размещение различных полезных насадок, например мотыги, тяпки, вращающиеся ножи или бороны. Манипуляторы могут настраиваться индивидуально, что позволяет пропалывать растения с различными междурядьями.

Сорняки распознает бортовая система компьютерного зрения. Фотографии с 3D-камер расшифровывает система обработки изображения в облаке Pixel-farming Academy.

Питание обеспечивают солнечные батареи, скорость робота достигает 3,6 км/ч. У четырехколесной платформы все колеса поворотные, снабжены электроприводом, подзарядку батареи питания обеспечивает солнечная батарея. Robot One апробован на прополке моркови и смешанных овощей, может справиться с прополкой фасоли и люпина [89].

Компания «OddBot» (https://www.odd.bot/) в 2020 г. представила фермерам мобильный, автономный пропалыватель механического типа – Робота Weed Whacker (рис. 28). Установка оснащена колесами с усиленными шинами, способна автономно передвигается по рядам сельхозкультур. Камеры и датчики удерживают робота на заданном курсе при его движении вдоль ряда. Удаляя сорняки на ранней стадии, сельскохозяйственные культуры получают пространство для

роста, что повышает урожайность. Автоматизированный механизм прополки позволяет без использования химикатов и повреждения урожая экономить на химических гербицидах [90].

Рис. 28. Прополочный Робот Weed Whacker

Представителями *Вагенингенского университета* (Нидерланды) разработан *робот Sweeper* в основном для применения в теплицах для уборки сладкого болгарского перца. Робот проходит в междурядьях теплицы, выбирая с помощью сканируемого «зрения» созревшие перцы (различая желтые, красные и рыжие). Способен работать при любой освещенности, в том числе и в темное время суток по 20 ч до подзарядки аккумулятора. Каждый собранный овощ робот аккуратно складывает в контейнер или на конвейерную ленту [91].

В 2021 г. *голландская компания «Priva»* представила робота *Kompano* (рис. 29) для подрезания ветвей и листьев растений в теплицах. Масса его – 425 кг, габаритные размеры 191×88×180 см. Манипулятор робота выдвигается на 125 см. По данным производителя, недельная эффективность системы на площади в 1 га достигает 85%. Управление роботом – с помощью мобильных устройств на платформах Android и iOS. Kompano успешно прошел испытания и готовит первую серию Priva из 50 роботов. В планах разработчиков – представить системы для работы с огурцами, а также научить машины собирать урожай [92].

Рис. 29. Робот Kompano для подрезания ветвей и листьев растений в теплицах

Рис. 30. Робот GRoW, предназначенный для сбора томатов

Голландский поставщик технологических решений в области растениеводства *Ridder* заключил соглашение с израильским аграрным стартапом *MetoMotion* о глобальной дистрибуции парниковых роботов *GRoW* (рис. 30) и систем для автоматизированной работы в крытых аграрных комплексах. GRoW умеет выявлять спелые плоды томатов методом сканирования, собирать и паковать их полностью в автономном режиме. Ожидается, что технологические операции робота позволят в дальнейшем обрезать и удалять листья, собирать такие культуры, как перец, огурцы, баклажаны. По словам разработчиков, внедрение систем GRoW снижает издержки, связанные со сбором томатов, на 50%, а трудозатраты – до 80%. Системы поступят в продажу в 2022 г. [93].

Компанией «Precision Makers» разработана *беспилотная роботизированная платформа Greenbot* (рис. 31) [94] размерами 1,3 м или 1,8 м, предназначенная для выполнения различных повторяющихся работ в садоводческих хозяйствах. Платформа снабжена подъемником грузоподъемностью спереди до 750 кг, сзади – до 1500 кг, двигатель – Perkins/FPT, все колеса – вращающиеся. Снабжен готовыми программами, а также может программироваться за счет использования системы Teach & Playback. При встрече с препятствием робот останавливается и информирует владельца. Роботизированные телеуправляемые мини-тракторы могут работать с различным навесным оборудованием Robocut и RoboPower компании «McConnel» (Англия).

Рис. 31. Беспилотная роботизированная платформа Greenbot

В 2022 г. на выставке «Fruit Logistica» (Берлин) компания представила новейшую версию GearStation (рис. 32) (умные камеры с практическим видением). Используя искусственный интеллект и новейшие технологии машинного зрения, GearStation управляет встроенным контролем качества и сортировкой фруктов, овощей и цветов в корзинах, поштучно или в ящиках. GearStation проверяет все продукты во время обработки и отбраковывает их, если они не соответствуют указанным (заявленным) критериям качества. Информация контроля качества отправляется в среду отчетности, хранящуюся в цифровой базе данных для дальнейших интеллектуальных решений [95].

Рис. 32. Цифровой контроллер качества GearStation

С помощью GearStation Inspector можно избежать постоянной потребности в сотруднике по контролю качества на упаковочной линии (во многих случаях экономия затрат на рабочую силу составляет до 1 ЭПЗ), поскольку вся готовая продукция автоматически проверяется по тем же характеристикам, которые были проинструктированы персоналом по сбору урожая и упаковке. Примерами обнаружения являются повреждения, отклонения цвета и формы, плесень и гниение. Вместо проверки на основе выборки теперь выполняется 100%-ная окончательная проверка.

Цифровая установка GearStation Crate Inspector предлагает точную и последовательную проверку качества пустых многоразовых транспортных средств на органические остатки, наклейки, повреждения, грязь и др. Возможна проверка складных лотков для овощей и ящиков для фруктов различных цветов и размеров [95].

2.1.3. Швеция

Одна из стран-лидеров в области цифровизации, главный драйвер экономического развития в последние годы. В 2021 г. вышла на второе место в Топ-10 стран рейтинга сетевой готовности, тогда как в 2020 и 2019 гг. занимала первое место [83].

В Швеции система сельскохозяйственных исследований и инноваций полностью интегрирована в инновационную политику и институциональную базу. Экономика лежит в основе науки и технологии, а инновации обеспечивают структуру стимулирования всех

отраслей. Аграрные инновационные системы (АИС) в большей степени стимулируются общеэкономическими процессами и организационными инновациями, такими как ИКТ и биоэкономика. Страна занимает ведущее место по использованию возможностей оцифровки через инфраструктуру ИКТ и развитие электронного правительства. Так, в городах Лулео и Бодене находятся дата-центры таких компаний, как «Facebook» и «GoGreenLight».

Доля добавленной стоимости, производимой сектором информационных и коммуникационных технологий, в Швеции – одна из самых высоких среди стран ОЭСР, более того, страна входит в десятку крупнейших экспортеров услуг ИКТ в мире. В 2017 г. шведское руководство приняло Цифровую Стратегию, которая содержит несколько направлений деятельности: цифровую грамотность, безопасность, инновации, лидерство и инфраструктуру. Проект «Going Digital: Making the Transformation Work for Growth and Well-being» нацелен на разработку рекомендаций для управленцев в области цифровизации [96].

Один из наиболее ярких примеров – *Компания «Väderstad»* (https://www.vaderstad.com/en/) – производитель сельскохозяйственной техники для обработки почвы, зерновых и пропашных сеялок, оригинальных запасных частей. В 2020 г. компания удостоена золотой медали на выставке «АГРОСАЛОН 2020» за инновационную разработку Väderstad Seed Eye. SeedEye (рис. 33). Это уникальная система подсчета количества высеянных семян и забивания сошников зерновых сеялок Väderstad. Оптические датчики, установленные в каждой семенной трубе, регистрируют каждое семя, таким образом высев можно контролировать вплоть до точного количества семян на 1 м^2. Система контроля забивания сошников SeedEye определяет, была ли по какой-либо причине заблокирована семенная трубка, и немедленно предупреждает об этом,

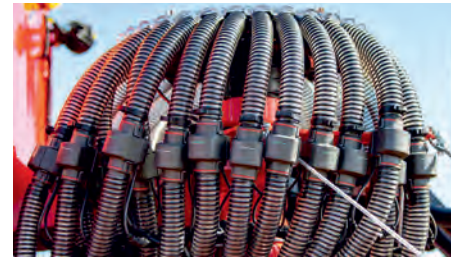


Рис. 33. Система Väderstad Seed Eye. SeedEye

чтобы фермер мог оперативно устранить засорение. Она также сообщает о том, что в бункере закончились семена. С 2021 г. следующие машины могут быть оснащены системой SeedEye: Spirit 600-900S, Rapid A 600-800C/J и Rapid A400-800S. Мод. Spirit 600-900C, Spirit R 300S и Spirit 400C/S поставляются с системой SeedEye, в том числе и в качестве опции [97].

В 2020 г. компания открыла новую высокотехнологичную лабораторию в производстве изнашиваемых деталей для сельскохозяйственной техники Väderstad, в которой проводятся уникальные испытания, направленные на поиск оптимальных механических свойств материалов. Техника компании используется по всему миру, поэтому необходимо учитывать разницу в составе почв. Следовательно, и материал, из которого изготавливаются изнашиваемые детали, должен обеспечивать превосходное функционирование в различных условиях [98].

Система Smart Agtech Sweden EDIH объединяет передовые инновации и цифровые технологии с производителями сельскохозяйственного оборудования и продуктов питания, консультативными организациями, в основе которой – интеллектуальное земледелие (точное земледелие и точное животноводство), анализ данных с использованием ИИ и IoT. Стратегия заключается в распространении и развитии цифровых технологий в сельском хозяйстве и связанных с ним экосистемах с упором на МСП и государственный сектор. Система координируется исследовательскими институтами Швеции в сотрудничестве с сильными игроками в области сельскохозяйственных технологий: Шведским университетом сельскохозяйственных наук (SLU) и региональными платформами в Центральной и Восточной Швеции, Западной и Южной Швецией и испытательным полигоном для цифрового сельского хозяйства [99].

Шведская компания «Vultus AB» в 2020 г. предложила сельхозтоваропроизводителям новую цифровую платформу *Vultus*, которая позволяет точно вносить удобрения в сельскохозяйственные культуры, отслеживать количество влаги в почве и оценивать здоровье растений с помощью спутниковых данных. Практическое применение включает в себя анализ здоровья растений, предписания по азоту и измерение органического углерода почвы. Vultus использует широ-

кий спектр различных индексов для обеспечения анализа конкретных культур и сельскохозяйственных полей с целью мониторинга здоровья растений.

Ключевые особенности приложения:

- улучшенная разведка. Приложение позволяет фермерам проверять районы, где обнаруживаются аномалии или стресс растений;
- раннее выявление. Большинство аномалий обнаруживаются еще до того, как их можно увидеть невооруженным глазом, поэтому фермеры могут принять превентивные меры для сохранения урожая;
- оценка эффективности гербицидов. Сорняки обнаруживаются и оцениваются, чтобы обеспечить успешное применение гербицида там, где это необходимо;
- плотность посадки и контроль всхожести. На ранних стадиях фермер может отслеживать, была ли посадка последовательной, а скорость прорастания приемлемой, и вносить коррективы, если это необходимо;
- прогнозирование урожая. Знание того, как растения работали в сезон, а также ранее собранная информация о поле помогают фермеру определить прогнозы урожая;
- непрерывный контроль. Приложение Vultus генерирует новые данные каждые три-пять дней.

Система анализирует потребность урожая в азоте и предоставляет количественные данные по внесению азотосодержащих компонентов, при этом важно, что данное приложение совместимо с большинством тракторов с технологией ISOBUS.

Запатентованные алгоритмы искусственного интеллекта обрабатывают оптические данные в сочетании с наборами данных для измерения плодородия почвы [100].

2.1.4. Дания

Является одним из лидеров в ЕС по использованию информационных технологий и цифровых решений в различных отраслях агропромышленного комплекса. В стране на основе ИКТ широко применяются геоинформационные системы (ГИС), энергосберегающие сельскохозяйственные агрегаты, селекция высокоурожайных сортов растений и выведение высокопродуктивных пород животных; созда-

ются биологически активные кормовые добавки, новые лекарственные средства для животных, внедряются современные методы борьбы с эпизоотиями, карантинными болезнями животных и растений.

На отраслевой площадке «Экосистема для сельскохозяйственных и пищевых предприятий» («Agro Food Park», https://www.agrofoodpark.com/frontpage/) и ведущего сельскохозяйственного инновационного центра знаний (SEGES, https://www.seges.dk) в Северной Европе сформирована цифровая инновационная среда развития сельскохозяйственных технологий, представленная датскими исследователями из Орхусского университета, Университета Копенгагена и Технологического института.

Точное земледелие (precision agriculture) в стране позволяет сельхозтоваропроизводителям в режиме реального времени осуществлять мониторинг неоднородного состояния полей и урожая, на основе анализа принимать решения о необходимости на определенных его участках проводить полив или дополнительное внесение удобрений и пестицидов с помощью дронов-опрыскивателей, а контроль за работой и перемещением техники и ее автопилотирование осуществляют роботы с помощью соответствующего оборудования GPS и мобильных телефонов, радио-меток и сенсоров почвы. Это позволяет контролировать современные сеялки с регулируемым расстоянием между высаживаемыми семенами, передвижение грузового транспорта, загрузку комбайнов, расход топлива, предотвращать хищения сельхозпродукции. В течение всего вегетационного периода фермеры могут еженедельно получать данные со спутников о состоянии полей и выращиваемых культур, чтобы с их помощью эффективно бороться с сорняками и болезнями растений на ранней стадии и бережно относиться к окружающей среде. Кроме того, внедряются новые технологии и оборудование для сканирования культурных растений и сорняков на полях с помощью беспилотных тракторов или дронов.

Наибольшее распространение в Дании получили следующие технологии точного земледелия:

- разведка урожая, обеспечивающая сбор и анализ данных с полей с предоставлением информации на планшет или другое мобильное устройство;

■ мониторинг и прогнозирование урожайности посредством предоставления информации с помощью спутниковых снимков, беспилотных летательных аппаратов или датчиков, установленных на сельскохозяйственной технике;

■ обнаружение болезней, вредителей или сорняков – основано на технологии гиперспектральной визуализации с помощью камеры на беспилотном летательном аппарате или спутнике. Специальное программное обеспечение позволяет преобразовать необработанные данные в полезную информацию;

■ погода, орошение и качество почвы – с помощью специальных почвенных и растительных датчиков, которые измеряют текстуру, органические свойства, уровень солености и питательных веществ в почве. Метеостанции собирают соответствующие погодные данные, что позволяет фермерам проанализировать, как различные погодные условия повлияют на состояние почвы и какие системы капельного орошения интегрируются с различными аппаратными устройствами;

■ информационные базы данных. Для управления фермерскими хозяйствами в Дании, кроме цифровых решений, активно используются информационные платформы, которые сосредоточены на агрегировании данных о сельском хозяйстве на одном Интернет-ресурсе;

■ переменные нормы внесения (VRA) – одна из важнейших технологий точного земледелия, позволяющая оптимизировать использование химических веществ, удобрений и других ресурсов. Основана на анализе данных, собранных датчиками и GPS-устройствами. Этот процесс подразумевает применение различных технологий точного земледелия, таких как мультиспектральные и гиперспектральные камеры, спутниковые снимки.

Подробное описание цифровых решений в области точного земледелия Дании размещается на сайте SEGES на английском языке (https://www.seges.dk/software/plante).

В стране проводятся различные исследования, направленные на развитие систем автоматизации растениеводства. В последние годы активное развитие получают технологии в области наведения с использованием GPS и телематические системы, обеспечивающие взаимодействие между различными блоками оборудования. Данные

технологии применяются, в частности, при производстве сельскохозяйственных роботов для автоматизированной борьбы с сорняками. Роботы используют камеры для выявления сорняков и в режиме реального времени принимают решение о методе борьбы с ними. Например, после идентификации сорняка камерой робот принимает решение вырвать его из земли или опрыскать соответствующим гербицидом.

Ведущим датским производителем сельскохозяйственных роботов для растениеводства является компания *«Agrointelli»*.

Robotti (рис. 34) – универсальный и автономный сельскохозяйственный робот, решающий множество задач в полевых условиях на протяжении всего сезона. По заданным данным он автономно управляется компьютером вне зависимости от водителя, рассчитывая перемещение по оптимизированному маршруту в поле. Выпускается в двух версиях: Robotti 75S – с одним 75-сильным дизельным двигателем Kubota только для силовой установки и Robotti 150D – с двумя дизельными двигателями Kubota мощностью 75 л.с.: один – для силовой установки, другой – для карданного вала и внешней гидравлики.

Рис. 34. Многоцелевой робот 75S & 150D для прополки

В стандартной комплектации роботы оснащены лазерным сканером, камерой и RTK GPS, что обеспечивает безопасность и точность ±2 см. Центральное крепление рабочих устройств способствует равномерному распределению массы. Благодаря стандартной

трехточечной навеске, гидравлической системе с тремя выходами, валу отбора мощности на них можно навешивать машины и орудия и использовать как обычные тракторы на бороновании, посеве, опрыскивании и механической прополке. Рабочая скорость – до 10 км/ч. В зависимости от вида работы и поля производительность Robotti 150D составляет до 3 га/ч. Robotti на 35-50% легче, чем сопоставимый с ним традиционный трактор, что значительно снижает уплотнение почвы и позволяет раньше начинать посев. В качестве опции Robotti могут быть дополнены большим количеством программных пакетов, в том числе для подсчета растений и измерения плотности сорняков в виде «карт сорняков». Управляются через веб-сайт AgroIntelli, где можно использовать существующие полевые карты GPS или создавать новые. Компьютер рассчитывает наиболее эффективный план маршрута для минимизации расхода топлива. На подробных картах документируются отдельные рабочие процессы с сохранением информации. Изображения и записи с камер и датчиков также могут быть сохранены в протоколе журнала [101].

В стране активно применяются технологии определения содержания питательных веществ в почве путем сканирования поля и образцов проб почвы, после чего с помощью разбрасывателя удобрений, оборудованного GPS, вносится их необходимое количество на каждом участке поля.

Датская *компания «Samson Agro»* более 75 лет производит высокотехнологичную сельскохозяйственную технику для улучшения плодородия почв: системы для внесения навозной жижи, рамошланговые распределители, культиваторы, миксеры, навозоразбрызгиватели. Технологии направлены на эффективное использование питательных веществ в навозе и снижение отрицательного воздействия на окружающую среду. В частности, на основе GPS-картирования компания применяет технологию точного земледелия с помощью GPS-решений для внесения шлама. Решение сочетается с сенсорной системой ядерного магнитного резонанса, которая в режиме реального времени измеряет содержание питательных веществ, таких как азот, фосфор и калий, в природных удобрениях. Таким образом, разбрасыватели шлама распределяют питательные

вещества точно в соответствии с потребностями каждого участка поля. Цифровые решения, оптимизирующие использование питательных веществ, – проверенный способ повышения урожайности и снижения зависимости фермеров от необходимости применения химических удобрений.

Рис. 35. Рамошланговые распределители серии SBX2

Рамошланговые распределители серии SBX2. Штанги SAMSON AGRO SBX2 снабжены двумя распределителями и даже в стандартной комплектации оборудованы системой ADS. Представляют собой комбинацию штанг, рабочая ширина которых меняется в зависимости от того, насколько раздвинута штанга. Имеют ширину 15-30 м.

Штанга SBX для капельного орошения оснащена трапецеидальной подвеской с гидравлической коррекцией положения в стандартной комплектации. Функция коррекции положения обеспечивает постоянное расстояние между шлангами и поверхностью земли даже в случае очень неровной поверхности почвы. Штанги поднимаются, опускаются и складываются вместе с помощью гидравлической системы копирующего управления, что обеспечивает совместное складывание секций в одно и то же время. Управление штангами осуществляется с помощью компьютера Slurry Master 6000 (SM6000) от Samson AGRO (рис. 35) (https://samson-agro.ru/products/incorporators-injectors/) [30].

2.1.5. Германия

Использование современных цифровых информационных и коммуникационных технологий относится к приоритетным направлениям развития сельского хозяйства Германии. В стране создано 14 цифровых инновационных парков, направленных на развитие

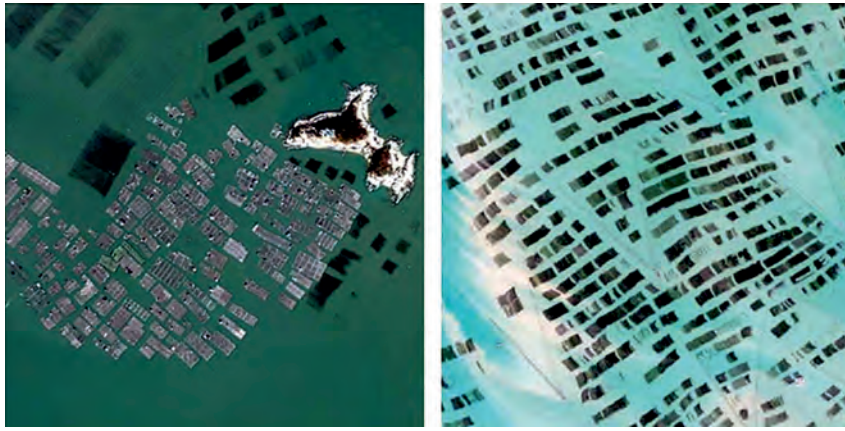
технологий точного земледелия, а также технологий интернета вещей и больших данных [102]. В Индексе развития информационно-коммуникационных технологий в 2021 г. страна заняла 8 место из 176 [83].

Благодаря программе финансирования «Land.Digital» Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства разрабатывает цифровые изменения в сельской местности, создает модели и практические концепции в рамках федеральной программы развития сельских территорий. Государственная политика в сфере цифровизации АПК заключается в поиске заинтересованных лиц, которые хотят улучшить жизнь в стране за счет разумного использования информационных и коммуникационных технологий. Особое внимание уделяется покрытию территории страны (в частности сельскохозяйственных участков) высокоскоростным интернетом.

В Германии успешно эксплуатируется система спутников космического мониторинга *RapidEye*. Спутники оснащены мультиспектральной съемочной системой REIS (RapidEye Earth Imaging System), разработанной и изготовленной компаниями «JOP» («Jena-Optronik GmbH») и «Photonics Division of Jenoptik», «Jena», Germany. Система является трехзеркальным анастигматиком, обеспечивает съемку Земной поверхности в пяти спектральных зонах полосой шириной 78 км с пространственным разрешением 6,5 м в надире. Группировка RapidEye способна обеспечивать ежедневное покрытие съемками площадь 4 млн км^2.

Основные сельскохозяйственные направления использования данных, полученных со спутников RapidEye (рис. 36):

- мониторинг состояния посевов, оценка засоренности, выявление вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, прогнозирование урожайности, точное земледелие;
- инвентаризация сельскохозяйственных угодий, создание карт землепользования;
- мониторинг состояния лесной растительности, инвентаризация лесов;
- контроль использования природных ресурсов;
- наблюдения за природными катаклизмами и др. [103].



а *б*

Рис. 36. Основные типы аквакультурных районов:
a – район клеточной культуры; b – район плотовой культуры

В стране реализуются различные опытные решения, например создание «цифровых полей» и экспертных групп при Федеральном министерстве продовольствия и сельского хозяйства, состоящих из представителей науки и бизнеса.

С 2020 г. Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства (BMEL) финансирует тестовые «цифровые поля» в агрохолдингах, создаваемых для апробирования различных цифровых технологий. В настоящее время используются 14 «цифровых полей»: 8 – в области растениеводства, 3 – в животноводстве и 3 – междисциплинарных опытных полях, на которых, в частности, апробируется использование нового стандарта мобильной широкополосной связи 5G в сельском хозяйстве.

Например, *Agrisens-DEMMIN 4.0* (координатор: Немецкий исследовательский центр геонаук – Центр Гельмгольца).

Тема: Использование методов дистанционного зондирования для цифровизации растениеводства.

Геоинформация используется в растениеводстве. Проектом определены конкретные приложения для дистанционного зондирования, чтобы ответить на практические вопросы развития растениеводства

с помощью цифровых методов. Проект направлен на предоставление фермерам наборов данных, которые они считают важной информацией для своей работы, в частности для оптимизации внесения удобрений, посевной кампании.

DigiVine (координатор: Институт Юлиуса Кюна).

Тема: Цифровизация в сети создания добавленной стоимости виноградарства: от посадки до доставки.

Экспериментальным полем DigiVine создаются рамочные условия с целью разработки инновационных решений для виноградарства в междисциплинарной команде и интеграции существующих услуг в единую сеть цифровизации. DigiVine направлено на демонстрацию, разработку и тестирование отдельных цифровых технологий в качестве инструментов с добавленной стоимостью: от посадки до доставки. В состав междисциплинарной команды входят компании-производители винограда и вина, производители техники для виноделия, поставщики ИТ-услуг, научно-исследовательские институты и ученые со стажем и опытом работы в вопросах оцифровки, сбора и анализа данных [69].

Германия является «автором» термина «Индустрия 4.0», связанного с цифровизацией промышленности [104] (в том числе оснащенности сельского хозяйства современной техникой), где самое большое в мире количество тракторов на единицу площади.

Компания «Fendt» – немецкий производитель сельскохозяйственных тракторов и машин, продающий полную линейку тракторов, комбайнов и пресс-подборщиков, постепенно развивает проект создания автономных аграрных устройств *MARS (Mobile Agricultural Robot Swarms)* – система мобильных сельскохозяйственных роботов. Основная идея данного проекта – производство малогабаритного многофункционального робота, который будет работать автономно на электроприводе и управляться дистанционно за счет облачных технологий. Основополагающими в программе являются, в том числе, экологические факторы – снижение повреждения почвы, выбросов углекислого газа в атмосферу и максимально бесшумные операции. Согласно планам компании, роботы будут переправляться на поле с помощью специального транспортного модуля, использующегося в качестве зарядного устройства и семенного бункера.

Каждое устройство применяет специальное программное обеспечение, интерфейс которого позволяет задавать параметры поля, норму заделки семенного материала, густоту посадок, месторасположение культур и количество работающих машин. Параметры и данные сохраняются в облачном сервисе. Как заявляют представители компании, подобное решение дает возможность выполнять последующую почвообработку более точно и с меньшими финансовыми вложениями [49].

Одна из наиболее значимых тенденций совершенствования почвообрабатывающей техники – возрастающее применение элементов автоматизации при настройке и регулировке. Так, фирма *«Lemken»* предлагает систему гидравлической регулировки точки приложения силы для навесных и полунавесных плугов. Если она установлена неправильно, то вокруг вертикальной оси трактора в середине задней оси развивается крутящий момент, в результате чего передняя часть отклоняется в сторону, увеличивается расход топлива, а ширина первой борозды становится слишком узкой. Новая разработка – гидравлическая регулировка точки приложения силы тяги позволяет сместить ее к середине задней оси трактора. С ее помощью тракторист изменяет прижимное давление, вследствие этого исчезает боковой увод трактора, что способствует экономии топлива. Благодаря исключению бокового сопротивления исчезает необходимость в корректировке направления движения, что значительно упрощает работу тракториста.

Электронная система управления *TurnControl фирмы «Lemken»* входит в базовую комплектацию навесных полнооборотных плугов Juwel и Diamant 12. Совместима с ISOBUS, обеспечивает автоматический оборот плуга, регулировку угла наклона, ширины захвата и глубины обработки. При желании объем функций можно расширить. Пользовательский интерфейс отображается на любом универсальном терминале, кроме того, можно присвоить функции с помощью джойстика [105].

Для взятия образцов почв используются автоматические почвенные пробоотборники, которые устанавливаются на тракторы, автомобили, четырехколесные мотоциклы, мини-тракторы и др. Кроме пробоотборника, транспортное средство оснащается GPS-

приемником и мобильным компьютером, что позволяет непосредственно в поле фиксировать на электронной карте координаты точек взятия проб для возможности восстановления маршрута обследования.

Фирма «Bodenprobetechnik Nietfeld» (http://www.bodenprobetechnik.de/index.php/ru/) специализируется на выпуске пробоотборников, например *NH 90-UP,* – пробоотборник для вытягивания проб на содержание нитратов (без автоматического выгружения желобка). Благодаря использованию электроэнергии для молота и гидравлике всех функций удалось создать высокопроизводительный и износостойкий агрегат. Его небольшая масса (160 кг с силовым агрегатом) позволяет прикреплять его к легким автомобилям.

BOPROB – подвесная рабочая машина для сбора образцов почвы на глубине от 10 до 30 см во время поездки. Рабочая скорость – 3-12 км/ч в зависимости от рельефа местности, цикл сбора – около 8-10 с. Boprob имеет магазин для 16 образцов почвы. Привод – от коленчатого рычага гидравлически на опорожнитель и черпаковый подъемник. Гидравлический насос имеет привод от двигателя Honda мощностью 5,5 л.с. Работа Boprobs контролируется камерой и постоянно отслеживается водителем на мониторе блока управления. Большие покрышки (215/75 R15) обеспечивают высокую гладкость и низкое давление на грунт. Отбор проб во время вождения значительно уменьшает расход топлива и снижает износ сцепления и нагрузку водителя, так как исключается постоянное включение сцепления. Конструкция в качестве подвески позволяет использование на любом подходящем тягаче без особой модернизации и с быстрой разборкой. Глубина отбора проб 10, 20, 25 или 30 см. Используя специальные наборы «Kits», пробы могут забираться с глубин до 5 см и на расстоянии 5 м (рис. 37).

Рис. 37. BOPROB для взятия образцов почвы

Рис. 38. DUOPROB 60-UP для взятия образцов проб

DUOPROB 60-UP – устройство сбора образцов почвы на глубине 60 см, относится к категории «ударных систем» (рис. 38). Имеет два режима работы: с разделением слоев и без их разделения. Программа с разделением слоев – «60см-N-мин», в которой труба бурения погружается на глубину 75 см с помощью гидравлической ударной станции, затем поворачивается на 100° и вынимается. При подъеме первый горизонт 0-30 см опорожняется в контейнер магазина I. При боковом смещении контейнера магазина опорожняется второй горизонт 30-60 см в контейнер II. Остальные 15 см содержимого трубы бурения служат в качестве закупорки и отбрасываются. Программа без разделения слоев позволяет удалять стандартные образцы 0-10 см для пастбищ и 0-30 см для сельскохозяйственных земель. При выборе программы без разделения слоев предусмотрена возможность двойного смешанного забора проб за 15 проходов последовательно, а затем опорожнение контейнера магазина в одной операции. Выбор нужной программы осуществляется с помощью переключателя программ в шкафу управления. Работа DP60-UP выполняется с помощью проводного пульта управления с функциями аварийной остановки, запуска прохода, отмены прохода и счетчика. Для управления Duoprob-60-UP используется источник питания постоянного тока 12 В с гидравлической мощностью 28 л в минуту и максимальным давлением 140 бар.

Компанией «Dahlia Robotics» разработан автономный электрический робот *Dahlia 3.3* (рис. 39) для механической прополки. Его масса – 150 кг. За сезон Dahlia 3.3 обрабатывает 6,4-20 га посевов сахарной свеклы, может работать в ночную смену. Основное преимущество устройства – солнечные батареи, которые обеспечивают зарядку бортовой аккумуляторной батареи и системы автономной навигации. Емкость аккумулятора – 8 ч непрерывной работы. Для прополки робот использует инструменты двух типов: «быстрый» – обеспечивает скорость до 30 см/с и «точный» – с помощью системы компьютерного зрения распознает и пропалывает растения с точностью до 99%. Управление роботом – через мобильное приложение в смартфоне. Разработчики намерены «научить» системы распознавать вредителей и болезни растений, определять нехватку питательных веществ, прогнозировать ущерб от погодных условий, предоставлять владельцу иную информацию. Внедрение прополочных роботов позволит минимизировать или исключить использование гербицидов на отдельных фермах, сэкономить на оплате труда сезонных рабочих [53].

Рис. 39. Автономный электрический робот Dahlia 3.3 для прополки сельскохозяйственных культур

Компанией «Bosch», «Amazonen Werke» совместно с Техническим институтом Оснабрюка разработан автономный полевой робот по обработке отдельных растений *Deepfield Robotics* (рис. 40). Включает в себя самостоятельную систему навигации, составление карт проведенных работ, подготовку документации, создание базы статистики. Устройство автоматически находит сорняки на пути следования, отличая их по форме листьев, и вдавливает глубже в землю (примерно

на 3 см), используя штырь ∅ 1 см. Если растение большое, то робот продолжит трамбовку. Производительность – 1,75 сорняка в секунду при скорости движения 3,7 см/с. Максимальная скорость – 9 см/с [53].

Рис. 40. Автономный полевой робот по обработке отдельных растений Deepfield Robotics

2.1.6. Франция

Сельскохозяйственная отрасль страны высокоиндустриальна. По наличию техники на 1 га пашни она уступает только Германии, Нидерландам и Дании. Франция широко известна в мире своей аграрной продукцией: винами, сырами, выпечкой, кухней и др. Одних только стартапов в аграрной отрасли насчитывается около 500. Многие из них работают на уровне хозяйств. Таким образом, создана большая база в области автоматизации и точного земледелия. Многие стартапы работают в сфере облегчения доступа аграриев к рынку или к потребителям, некоторые – в финансовой сфере. Есть компании, специализирующиеся на сборе данных и математических моделях их обработки с целью принятия решений.

Широкое применение нашли цифровые технологии возделывания сельскохозяйственных культур, что в совокупности привело к росту производительности труда.

В сельском хозяйстве Франции внедрение цифровых технологий является составной частью государственной программы цифровизации всей экономики страны и подразумевает активное внедрение ИКТ во всю совокупность цепочек производства, переработки и сбыта продукции агропромышленного комплекса.

По данным Минсельхоза Франции, 79% сельхозтоваропроизводителей используют всемирную сеть «Интернет» для своей деятельности, 46% фермеров – систему спутниковой навигации «GPS» на своих тракторах для повышения точности проводимых операций.

Например, *Digifermes*® – открытая площадка для агротехнических компаний, желающих адаптировать свои информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) к специфике сельского хозяйства и разнообразным почвенно-климатическим условиям. В 2022 г. на площадке зарегистрировали свою деятельность 15 фермерских хозяйств, услугами которых пользуются порядка 30 тыс. фермеров и сельскохозяйственных консультантов [106].

Цель Digifermes® – продвигать цифровое сельское хозяйство, отвечающее потребностям фермеров.

Каждая ферма имеет свое подразделение по исследованиям, разработкам и инновациям, которые, используя соответствующую методологию, обеспечивают проведение строгой и объективной оценки эффективности применяемых технологических решений. Услугами цифровых фермерских хозяйств могут пользоваться компании, работающие в сфере информационных технологий, компании «стартапы», различные сельскохозяйственные организации и все участники аграрного сектора, чья деятельность направлена на качественное развитие сельского хозяйства.

В стране насчитывается порядка 1300 научно-исследовательских подразделений в области сельскохозяйственной робототехники. Деятельность цифровых ферм «Digifermes®» сосредоточена на четырех направлениях:

- тактическое управление сельскохозяйственным производством с использованием широкого спектра датчиков, помогающих фермеру принимать соответствующее решение о необходимости проведения той или иной технологической операции;
- переход на цифровые агротехнологии и использование робототехники в сельскохозяйственном оборудовании предприятий, способных внедрять высокоточные методы ведения земледелия;
- разработка стратегий и экономики использования цифровых технологий, позволяющих оперировать многолетними данными, более эффективно организовывать работу, проводить мониторинг

рыночных цен на сельхозпродукцию и оптимизировать всю деятельность сельхозтоваропроизводителя;

- постоянная оценка данных в режиме реального времени, способствующая повышению оперативности и эффективности сельхозпредприятия.

Цифровые фермы «Digifermes®» позволяют также проводить опытные исследования в полноразмерном масштабе реального сельхозпредприятия для тестирования новых технологий или цифровых прототипов в реальной жизни, а также разрабатывать инновационные решения путем развития сотрудничества между участниками аграрного сектора и представителями цифровой отрасли.

Одно из важных направлений в развитии цифровизации – точное земледелие. Во Франции существует несколько официальных организаций, отвечающих за оценку состояния почв и входящих в Группу научных изысканий «Gis Sol» (https://www-gissol-fr):

- исследовательская сеть измерения качества почв (Réseau de mesure de la qualité des sols, RMQS) – изучает химическое и биологическое плодородие почв;
- база данных анализа земель (Base de données des analyses de terre, BDAT) – оценивает химическое плодородие поверхностного горизонта с использованием анонимных данных анализов почвы, предоставленных различными лабораториями.

Группа «Gis Sol» разрабатывает, направляет и координирует географическую инвентаризацию почв (рис. 41), отслеживая их свойства и изменения качества, а также управляет информационной системой о почвах. Система обеспечивает оценку данных о почвах во Франции в соответствии с европейскими программами. Деятельность группы курируют Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Министерство экологических преобразований, Национальный исследовательский институт сельского хозяйства, продовольствия и окружающей среды (INRAE), Агентство экологических преобразований (ADEME), Исследовательский институт развития (IRD), Национальный институт географической и лесной информации (IGN), Французское бюро по биоразнообразию (OFB), Департамент геологии и горнодобывающей промышленности (BRGM).

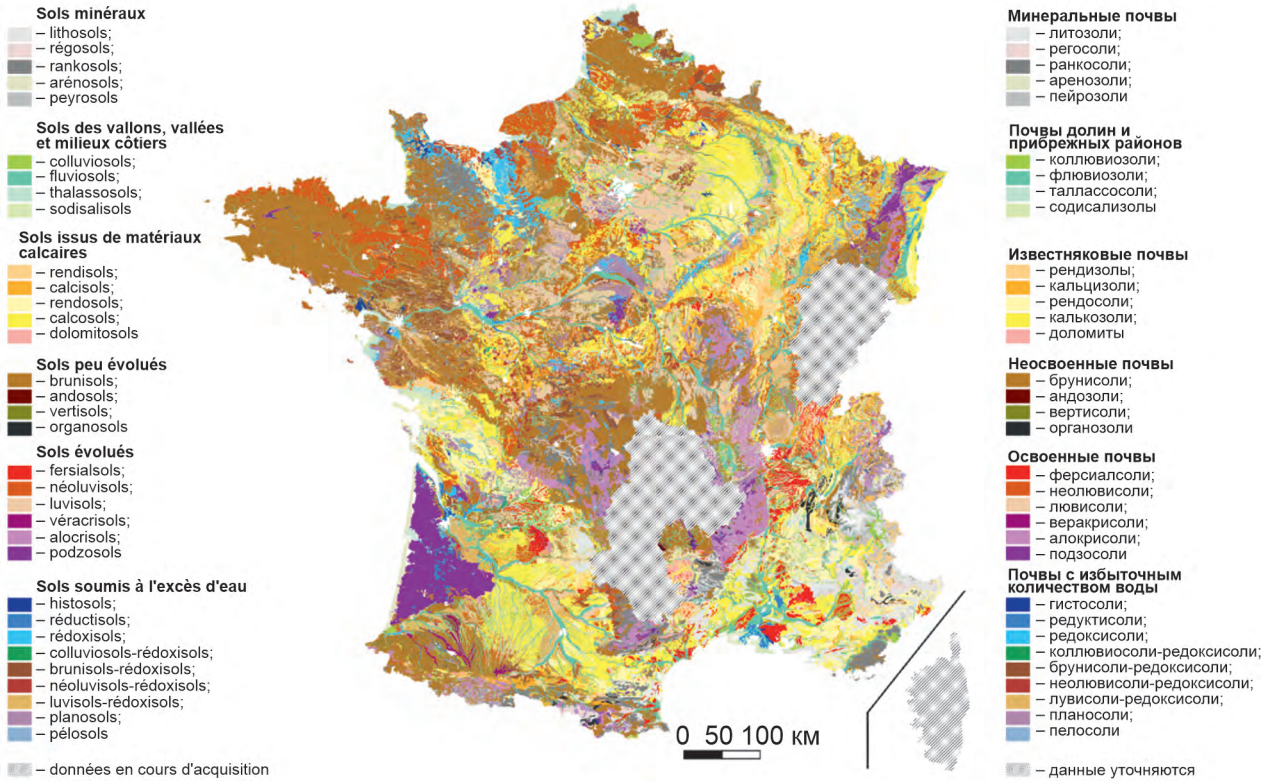


Рис. 41. Карта почв на геопортале

Рис. 42. Робот Wall-Ye V.I.N. для работы в виноградниках

Робот Wall-Ye V.I.N. (рис. 42) предназначен для работы в виноградниках. Передвигается на четырех колесах, для выполнения операций использует две конечности-манипуляторы. Выполняет задания благодаря встроенному модулю GPS для автономной навигации. Контроль осуществляют шесть камер. Производительность достаточно велика: за сутки подрезает до 600 виноградных лоз. В управлении используется программная платформа с элементами искусственного интеллекта. Двигаясь по плантации, робот изначально ориентируется только по GPS, впоследствии «осваивается» и создает собственную карту местности, отмечая на ней характеристики каждого растения. Регулярно инспектирует виноградники, фиксируя текущее состояние каждого растения и при необходимости проводит необходимые операции, например подрезает непродуктивные молодые лозы. В идеале способен полностью заменить работников сада [107].

Рис. 43. Трактор Traxx в виноградных садах

В 2021 г. *компанией «Exel Industries»* разработан автономный однорядный *трактор Traxx* (рис. 43) грузоподъемностью 1,3 т, длиной 3,2 м. Выпускается в двух основных вариантах – для обработки почвы (испытан на виноградниках Франции) и опрыскивания (испытания с системой Tecnoma Panel'Jet намечены на

2022 г.). Включает в себя бензиновый двигатель мощностью 37 л.с., бак на 60 л, гидравлическую трансмиссию. Движится со скоростью до 6 км/ч. Время автономной работы – до 10 ч. Может работать в режиме телеуправления (дальность до 200 м) и автономно с ориентацией по GPS и LIDAR, на склонах до 40° и боковым уклоном до 15° [53].

Французский *стартап Meropy* в 2022 г. продолжил разработку специализированного автономного сельскохозяйственного робота *SentiV* (рис. 44).

Рис. 44. Робот SentiV для оптимизации подходов к точному земледелию

Предназначен для оптимизации подходов к точному земледелию и экспериментов с культурами. Модульная конструкция позволяет разработчикам адаптировать устройство под разные виды растений. Основная цель – сократить расходы на персонал при проведении бонитировки.

Машина массой всего 15 кг легко передвигается по полю в разных направлениях, не повреждая культуру. Анализирует состояние почвы, выявляет угрозы посевам, сорняки, наличие вредителей (включая птиц), потребность в мелиорации, участвует в процессе фенотипирования. Дневная производительность – 20 га, съемной батареи хватает на 10 ч непрерывной работы. Платформа допускает размещение дополнительных сенсоров, классическая конфигурация полагается на мультиспектральную камеру. Собранные данные ана-

лизирует программное обеспечение с использованием методов искусственного интелекта [108].

Французская *компания «Elatec»* (http://www.elatec.fr) в 2022 г. представила фермерам новую разработку аграрной электрической *роботплатформы e-Tract* (рис. 45) для транспортирования навесного оборудования категории II. Общая масса робота не превышает 800 кг, длина 3 м, ширина 1,7 м. Навесное оборудование может крепиться к хвостовой и фронтальной частям, а также в межосевом пространстве стандартных сельскохозяйственных орудий для прополки, опрыскивания и фенотипирования растений. Крепления стандартные – трехточечные. Мощность заднего крепления – до 400 кг, фронтального и переднего – до 300 кг. Питание e-Tract – литиевые батареи, навигацию обеспечивают оптические сенсоры и технология RTK-GPS. Система компьютерного зрения способна распознавать ряды, например посадки моркови, кукурузы.

Рис. 45. E-Tract – многоцелевая французская агроплатформа

В отличие от классической сельскохозяйственной техники e-Tract минимизирует повреждения почвы и проскальзывание колес, обладает минимальным радиусом поворота. В движение платформу приводят два электродвигателя, раздача мощности идет через планетарный редуктор на задние колеса. Рабочая скорость устройства не превышает 6 км/ч, время автономной работы (в случае опрыскивания и рыхления) – 4 ч (до 8 ч).

Платформу можно оснастить системой для механической прополки, 300-литровым баком для опрыскивания посевов или прицепом грузоподъемностью до 500 кг. Большой диаметр колес задает

высокий дорожный просвет. Управление осуществляется через мобильное приложение для устройств под Android [109].

2.1.7. Италия

На итальянском рынке представлено 220 информационных решений, предлагаемых более чем 70 сельскохозяйственными компаниями. Около 27% из них специализируется на плодоовощном производстве, 25 – на зерновом, 16 – на виноградарско-винодельческом, 48 – использует мониторинг обрабатываемых земель, 42 – контроль за передвижением и деятельностью машин и оборудования в полях (по оценкам исследователей, итальянские тракторы в год производят информации более чем на 1 млн гигабайт), 35% нацелено на ирригацию и внесение удобрений.

В Италии порядка 108 компаний предлагают 133 решения для организации «цифровой» прослеживаемости в агросекторе. Программные платформы в основном предназначены для записи данных, их возможной интеграции и обработки. Менее трети решений основаны на комбинации аппаратного и программного обеспечения.

Реализуется *Национальный план Industria 4.0*, нацеленный на внедрение информационных технологий во все сферы хозяйственной жизни страны, подразумевающий также использование информационных технологий в традиционном сельскохозяйственном секторе экономики (l'Agricoltura 4.0). Реализация плана (l'Agricoltura 4.0) касается всей сельскохозяйственной цепи, включая производство, распределение и потребление продукции. Согласно данному плану, цифровые решения и соответствующие платформы помогают компаниям приблизиться к конечному потребителю, предоставляя клиенту более подробную информацию о товаре, в том числе продукцию «Сделано в Италии».

Сельское хозяйство Италии становится сектором с очень интенсивным потоком данных. Перестали быть уникальными решения на основе *облачных приложений «Cloud Computing»* (использование виртуальных облаков для хранения и обработки данных) *для «умных ферм»*. Активно развиваются инновационные разработки по моделированию и автоматизированному управлению процессами жизне-

деятельности крупных растительных биосистем, агрофитоцентров и агротехнологий с соблюдением норм экологической безопасности конечной продукции. К таким разработкам относятся интеллектуальные системы управления продукционными процессами и реализации генетического потенциала сельскохозяйственных культур, структурно состоящие из трех блоков: информационного, контроля параметров жизнедеятельности растений, реализации управляющих воздействий.

На фермерских полях внедряются сеть из датчиков, собирающих сведения о влажности, температуре и электропроводности почвы для различных глубин; блок анализа информации о параметрах растений; датчики для измерения метеорологических параметров, влажности листвы и др. Полученная информация хранится и обрабатывается в облаке и представляется в удобном виде, например через мобильное приложение. Более того, можно дистанционно с помощью того же приложения контролировать работу сельхозтехники. Например, на виноградниках в Тоскане работает система удаленного мониторинга органических виноградников, *разработанная компанией «Ericsson»*. Проект направлен на поиск лучших органических методов ведения сельского хозяйства в растениеводстве для производства вина высокого качества [110].

Особое внимание итальянцы уделяют внедрению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Сельскохозяйственные дроны позволяют создавать ортофотопланы, осуществлять видео- и фотомониторинг состояния посевов, вносить удобрения и средства защиты растений.

Компания «NETF DRONE» (Милан и Кьети, https://www.netfdrone.eu/chi-siamo) специализируется на использовании дронов для съемки, осмотра и мониторинга посевов с помощью спектральной камеры (MicaSense Altum). Их рабочий процесс заключается в сборе данных, обработке, анализе (включая использование тепловых или мультиспектральных изображений) с последующим предоставлением сертифицированного отчета клиентам.

Компания установила партнерские отношения с Итальянским советом по сельскохозяйственным исследованиям и экономике (CREA), Сельскохозяйственным техническим институтом

«C. Ridolfi», компаниями «Scerni», «Corteva Agriscience», «Horta Srl» и «TerraSmart». Эти организации являются частью итальянского национального исследовательского проекта «Pegasus», стартовавшего в январе 2021 г. Их цель – разработка инновационных решений с использованием передовых технологий и новых методологий для эффективного и устойчивого развития сельскохозяйственного производства. Особое внимание уделяется удобрениям и биостимуляторам, проведению обработки посевов на нужной физиологической стадии, обеспечению точного количества и времени применения, распределению переменной нормы внесения с помощью оборудования, контролю уровня питательных веществ и химической обработки в почве, листьях и окружающей среде. Исследования проводят на трех культурах: винограднике (1,17 га), оливковой роще (1,74 га) и твердой пшенице (0,95 га) (рис. 46). План состоит в том, чтобы полеты с дронами выполнялись каждые 20-30 дней в течение трех лет, мониторя и анализируя рост и развитие культур с воздуха [111].

Рис. 46. Съемка с дрона трех самых распространенных культур Италии

Одно из основных преимуществ дронов в сельском хозяйстве – возможность анализа мультиспектральных данных о состоянии растений в больших масштабах (рис. 47). Благодаря специальной каме-

ре MicaSense Altum обнаруживает и фиксирует детали посредством инфракрасного света, различая оттенки зеленого цвета в культурах, что дает представление о здоровье растения с помощью отражающих свойств хлорофилла, которые можно анализировать в индексах (вегетационные индексы NDVI, GDNVI и MCARI) путем специализированного программного обеспечения для точного земледелия PIX4Dfields (Pix4D – лидер на рынке программного обеспечения для фотограмметрии, Швейцария [112].

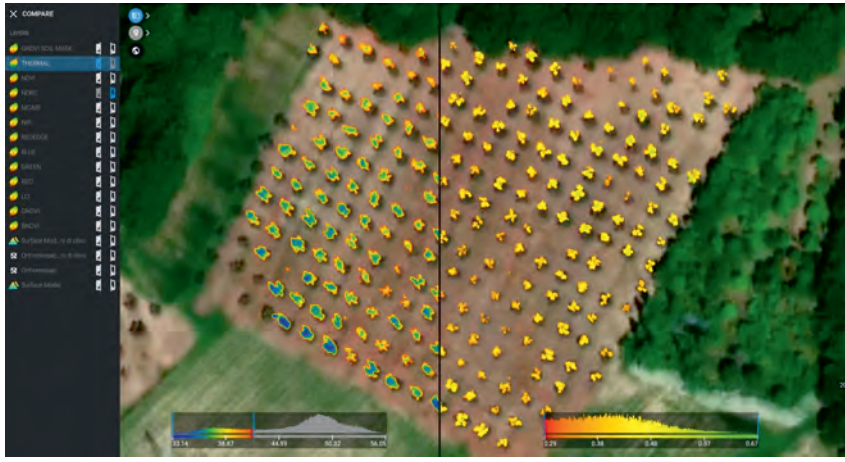


Рис. 47. Мультиспектральный анализ сельскохозяйственных культур

Ценность индексов заключается в том, что они дают информацию об урожае на разных стадиях роста и вегетации, включая биомассу и скорость фотосинтеза, после чего агрономы по карте предписаний могут контролировать рост, планировать обработку сельскохозяйственных культур, предупреждать стресс растений, факторы риска др. По результатам проекта, собранных командой, данные дронов NETF DRONE, будут использованы в качестве основного вклада в планирование будущего точного земледелия Италии [112].

Из последних достижений в области сельхозробототехники следует отметить разработки компаний *«Energreen»* и *«RoboEco»*, выпускающих серию многоцелевых радиоуправляемых роботов для прополки и обрезки травы [101]. Эксперты утверждают, что через

пару лет номенклатура сельскохозяйственных роботов будет значительно расширена благодаря применению систем точного земледелия, механотроники, компьютерного и программного обеспечения.

В стране функционирует единая интегрированная информационная сельскохозяйственная система (SIAN), используемая Минсельхозом Италии и Агентством по сельскохозяйственным платежам (AGEA) [113]. В рамках информсистемы осуществляется сотрудничество с Минздравом Италии, Министерством национальной экономики и финансов, Институтом национальной статистики и Институтом внешней торговли Италии (ИЧЕ), а также регионами и торговыми палатами.

Информсистема предоставляет широкий перечень услуг: мониторинг сельскохозяйственных земель и агрометеорологию, контроль в области безопасности сельхозпродукции, оплату и контроль субсидий фермерам.

В SIAN интегрирована географическая информационная система (ГИС), которая содержит карты: продуктивности полей (собираемых урожаев) и почвенного плодородия, внешних факторов, воздействующих на посевы в пределах рассматриваемого поля, таких как тепло-и влагообеспеченность, агроклиматические и агрохимические карты, карты временных трендов урожая, собираемого с изучаемого поля, а также других агрофизических и агротехнических характеристик. В ГИС широко используются данные дистанционного зондирования в виде коллекций и мозаик обработанных изображений, получаемых с космических аппаратов или при аэросъемке, в том числе с помощью беспилотников (дронов). Все цифровые карты интерактивны, к ним может быть обеспечен быстрый многопользовательский доступ.

Технологии, связанные с ГИС, используются в рамках Интегрированной системы администрирования и контроля (IACS) для проверки точности деклараций фермеров на получение единой субсидии.

Кроме того, на основе опыта, накопленного при создании ГИС, учреждена национальная горная информационная система (SIM), которой пользуются 700 различных учреждений [30].

Минсельхоз Италии реализует *проект «Открытые данные в сельском хозяйстве»*. Основная цель – предоставление информации

по АПК с использованием новейших технологических решений. На специальном портале публикуются разработки и внедрения инновационных решений в сельском хозяйстве, которыми пользуются госучреждения и частные компании для проведения исследований. Функционирует статистическая программа «AGRIT», предоставляющая прогнозы по производству основных итальянских сельскохозяйственных культур.

К национальной разработке Итальянской конфедерации фермеров «Колдиретти» можно отнести специализированное мобильное приложение, которое предоставляет покупателям информацию о происхождении продуктов, стадиях производства, применяемых технологиях. Платформа позволяет укрепить доверие между производителями, предприятиями переработки и потенциальными потребителями. Интересным представляется итальянский опыт в части консультирования и оптимизации фермерских хозяйств. Минсельхоз Италии через подведомственные организации, в том числе Совет по сельскохозяйственным исследованиям и экономическому анализу (CREA), занимается оптимизацией севооборотов для фермеров, подбором оптимального машинно-тракторного парка и др. [114].

В стране активно тестируют технологию блокчейна, которая применяется для выявления в продовольственных производственно-сбытовых цепочках некачественных пищевых продуктов, что позволяет своевременно принять эффективные меры. Та же технология предоставляет потребителю информацию о происхождении пищевых продуктов, что обеспечивает ее пользователям конкурентное преимущество [30].

2.1.8. Республика Болгария

Уровень Болгарии по Индексу Европейской комиссии о введении цифровых технологий в экономику и общество – один из самых низких в ЕС. Доля болгар, владеющих базовыми умениями в области цифровых технологий, составляет около 29%, тогда как средний для ЕС показатель 57%.

В стране утверждена Стратегия цифровизации сельского хозяйства и сельских районов [115]. Предполагается, что финансовые средства на реализацию стратегии на период 2021-2027 гг. будут по-

ступать как по линии европейских фондов (в основном в рамках нового финансового периода Единой сельскохозяйственной политики ЕС), так и через частно-государственные партнерства. Из них около 510 млн евро пойдут на инвестиционную деятельность во всех секторах агропромышленного комплекса (АПК), более 11 млн – на разработку специализированных приложений и программного обеспечения (ПО), от 4,6 до 6,1 млн евро – на развитие блокчейнов.

Стратегия предполагает также создание «Агро-хаба», призванного объединить сельхозтоваропроизводителей с производителями ПО, ведущими агроуниверситетами, государственными органами и инвесторами с формированием единой платформы ресурсов и технологических решений для отрасли с отработкой на базе бизнесинкубаторов [116]. При этом практическое применение IT-технологий болгарскими сельхозпроизводителями является скорее исключением, чем правилом, однако в стране намечена тенденция перехода к точному сельскому хозяйству (ТЧЗ), использованию беспилотной техники на базе комбайнов, опрыскивателей и дронов.

Наиболее продвинутым аспектом цифровизации АПК страны является внедрение систем электронной торговли сельхозпродукцией. Например, платный веб-сайт для оптовой продажи свежих фруктов и овощей «Градинария» (https://www.gradinaria-bg.com) позволяет покупателям связываться напрямую с производителями и договариваться об условиях покупки. Такая электронная торговая площадка способствует сокращению логистических цепочек и ускорению реализации сельхозпродукции, оптимизации цены за счет сокращения издержек, облегчению выхода на рынок производителям, вытеснению посредников между продавцом и покупателем, обеспечению равных условий для всех продавцов со всех регионов страны, росту ассортимента товаров, прозрачности информации по всем текущим предложениям и запросам о товарах [114].

Ведущей болгарской компанией, разрабатывающей цифровые решения для АПК, является *компания «НИК»*, которая, помимо технологий для автоматической GPS-навигации сельхозтехники, дозированного орошения и внесения удобрений, предлагает спутниковый мониторинг посевов на базе продукта «GeoSCAN» (https://nik.bg/portal/) (рис. 48).

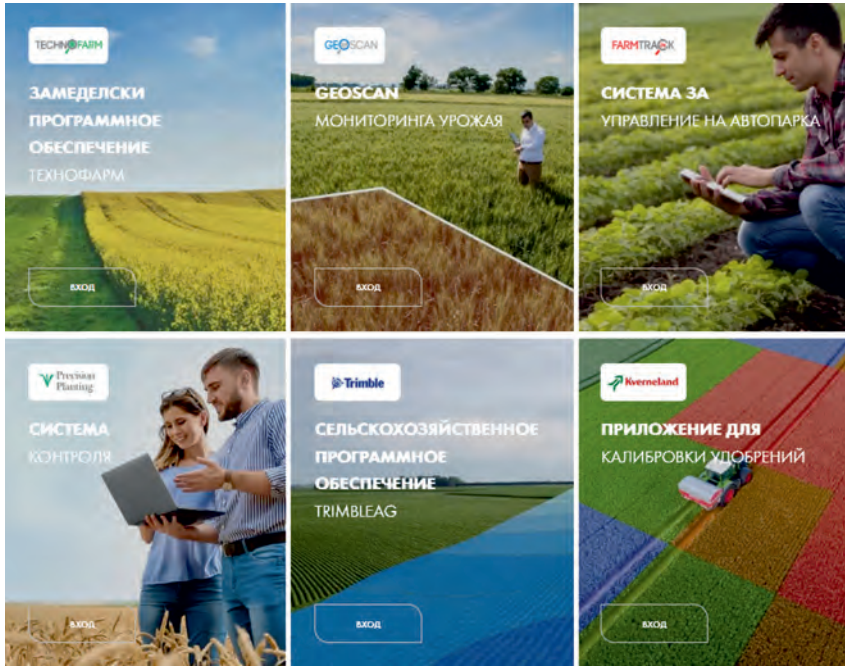


Рис. 48. Портал компании «НИК», разрабатывающей цифровые решения

2.1.9. Соединенные Штаты Америки

Государственная политика США сосредоточена на разных направлениях цифровизации сельского хозяйства: точное земледелие, цифровые финансовые услуги, развитие системы учета и управления данными, расширение поддержки информационных технологий и др. Стране свойственна централизованная система сельскохозяйственных исследований, которая регулируется Национальным институтом продовольствия и сельского хозяйства, подведомственным Департаменту сельского хозяйства США, где регулярно проводятся исследования в области цифровизации посредством предоставления грантов, а также благодаря реализации программы «Продовольственная и сельскохозяйственная киберинформатика и инструменты (FACT)».

Страна стабильно занимает лидирующие позиции в международных рейтингах цифровизации по различным направлениям, например в глобальном сетевом индексе США в 2021 г. заняла четвертое место [83].

Средний уровень проникновения технологий точного земледелия в США оценивается на уровне 30-50%, при этом в крупных хозяйствах уровень использования технологий в 2 раза выше, чем в небольших. Применение технологий точного земледелия в активных земледельческих районах страны составляет 60-80%. Самые распространённые элементы точного земледелия: компьютер с высокоскоростным доступом в Интернет, анализ почвенных проб (98%), карты и мониторы урожайности, навигационные GPS-системы (~80%). Технологии дифференцированного внесения (VR) и предписывающие карты (prescription maps) применяют более 60% респондентов, а спутниковые снимки и анализ вегетативного индекса растений – не более 30% фермеров.

Что касается технологий сбора и обработки данных, то использование данных и программного обеспечения для составления карт урожайности является наиболее распространенной практикой (80%), за которой следует разработка планов или предписаний для применения VR-технологии для внесения питательных веществ и удобрений, а также посева и посадки (50-60%). Индустриальный характер сельского хозяйства США и сочетание автоматизации с быстрым внедрением в практику новейших высокотехнологичных достижений обеспечивают лидерство страны по эффективности сельского хозяйства и объему рынка Agro IoT. Важно подчеркнуть, что продвижение таких систем в США осуществляется крупными фермерскими хозяйствами с минимальным участием государства.

Картирование урожайности – наиболее распространенный компонент технологии точного земледелия среди фермеров США: более чем у 70% из них на комбайнах установлена система картирования урожайности. По данным ведущих производителей сельскохозяйственной техники, около 30% зерноуборочных комбайнов фирм «John Deere» и «Massey Ferguson» комплектуются такими системами [117].

В соответствии с основными положениями Стратегии развития сельского хозяйства США (2018-2022 гг.) повышение эффективно-

сти сбора и обработки информации путём цифровизации АПК является одним из ключевых инструментов достижения целевых показателей отрасли [118]. Минсельхоз США поощряет перспективные разработки робототехники и электронных приложений для улучшения систем сельскохозяйственного производства. Прежде всего усилия направлены:

- на защиту сельского хозяйства путем предупреждения распространения сельскохозяйственных вредителей и инфекционных агентов;
- совершенствование планирования охраны природы с помощью научно-обоснованных инструментов и информации;
- обеспечение устойчивых, здоровых и продуктивных земель и водосборных бассейнов;
- снижение риска лесных пожаров.

Согласно информации Службы сельскохозяйственных исследований департамента сельского хозяйства США (ARS), в стране реализуется ряд проектов по разработке и внедрению систем автоматизации и роботизации растениеводства:

1. *Интегрированные системы производства и автоматизации плодовых культур в условиях умеренного климата* [119].

Цель – помощь производителям в повышении экологической устойчивости и экономической конкурентоспособности современных систем производства фруктов.

Методы проекта. Энтомология, компьютерная инженерия, садоводство и послеуборочная патология растений, а также опыт будут объединены в единый массив.

2. *Использование роботов для обработки ультрафиолетовым излучением выращенной в полевых условиях клубники с целью борьбы с грибковыми заболеваниями и вредителями* [120].

Цель – разработка автономной платформы для мелких производителей, позволяющей использовать технологию УФ-С-излучения для борьбы с вредителями и использования на клубнике, выращенной в поле.

Методы проекта. ARS анализирует и сравнивает борьбу с болезнями и вредителями, достигнутую с помощью синтетических пестицидов, технологии УФ-С отдельно или в сочетании с применением

пестицидов на устойчивых и восприимчивых к болезням сортах. Успешное внедрение технологии ультрафиолетового излучения с использованием робота будет способствовать коммерциализации и более устойчивому производству клубники.

3. *Визуальное обслуживание в условиях сельской местности* [Visual servoing in agricultural environments) [121].

Цели. Обнаружение объекта, передвижение робота для визуального слежения с помощью камер или других визуальных датчиков.

Методы проекта. Внедрение новых алгоритмов для оценки состояния деревьев с помощью роботизированного визуального слежения.

4. *Точная интегрированная борьба с сорняками в традиционных и органических системах растениеводства* (Precision integrated weed management in conventional and organic crop production systems) [122].

Предмет исследования: кукуруза, соя, бактерии, сорняки.

Цель. Определение теоретических, механических и прикладных основ тактики борьбы с сорняками в агротехнических системах растениеводства на основе покровных культур для разработки точных комплексных технологий борьбы с сорной растительностью.

Методы проекта. Разработка цифровых библиотек изображений сорняков из внутрихозяйственной сети.

5. *Раннее выявление и мониторинг абиотического и биотического стресса в производственных условиях* (Early-detection and monitoring of abiotic and biotic stress in production environments) [123].

6. *Разработка автоматизированной системы массового выращивания медоносных пчел в контролируемых (лабораторных) условиях* (Development of a mass-rearing honey bee system under controlled conditions) [124].

Медоносные пчелы опыляют треть продуктов питания в Соединенных Штатах, особенно такие культуры, как орехи, ягоды, фрукты и овощи, которые придают рациону разнообразие, вкус и питательную ценность. Однако резкое сокращение пчелиных семей повышает риск того, что в обозримом будущем произойдет катастрофическая потеря этих важнейших участников продовольственного снабжения, поэтому специалисты Экспериментальной станции Стоунвилла предлагают разработать прототип передовой биопроиз-

водственной «пчелиной фабрики», которая будет использовать новые автоматизированные методы для массового выращивания сотен тысяч пчел в помещениях с контролируемыми условиями обитания.

7. *Повышение эффективности кукурузы и сорго с использованием разнообразия трав и вычислительного моделирования* (Improving maize and sorghum efficiency using grass diversity and computational modeling) [125].

Предлагаемая работа представляет собой совместную деятельность по разработке геномных и биоинформатических подходов для ускорения селекции кукурузы, сорго, пастбищных трав и специальных культур.

Цель. Использование знаний, полученных в культурах и модельных системах, для создания моделей геномной селекции, основанных на общем механизме, обнаруженном у покрытосеменных растений. Для создания этих моделей будут использоваться машинное обучение, статистические и геномные подходы.

Особое значение придается повышению эффективности сбора, мониторингу и оценке данных с помощью мобильных технологий и приложений.

Министерство сельского хозяйства США предоставляет доступ к ценным картам и наборам сельскохозяйственных данных в веб-браузере для пользования функциями пространственного анализа. Пользователи могут использовать данные, которые доступны в картографической среде публичного облака «ArcGIS Online». Национальная система гермплазмы растений предполагает свободный и неограниченный обмен генетическими ресурсами со всеми странами и разрешает доступ к коллекциям всем ученым [114].

Компания «Trimbl» (США) предлагает продукты, которые решают сложные технологические задачи аграрной отрасли. Данные решения позволяют использовать органические ресурсы для обеспечения безопасности и надежного снабжения продуктами питания выгодным и экологически безопасным способом. При этом учитываются все времена года, культуры, почвы и размеры фермерских хозяйств, а решения могут быть использованы на многих агрегатах, независимо от производителя и года выпуска. Для упрощения принятия решений компания предлагает технологическую интеграцию,

позволяющую фермерам собирать, обмениваться и управлять информацией, повышая операционную эффективность в сельскохозяйственной цепочке создания стоимости. Решения от компании включают в себя системы параллельного и автоматического вождения, нивелирования, управления водными ресурсами, расходом и внесением удобрений и средств защиты, сбора урожаем, службы управления данными рабочего стола и на базе облака, а также службы корректировки [126].

Вопросами качества грунта в США занимается «Национальный центр исследования почвы» (The National Soil Survey Center) при службе консервации природных ресурсов министерства сельского хозяйства (Natural Resources Conservation Service, NRCS).

По данным NRCS, в стране имеется несколько методик отбора проб почвы и исследования ее качества (цифровое картирование почвы (DSM): численная классификация (numerical classification); пространственная и временная интерполяция (геостатистика, «вейвлеты», spatial and temporal interpolation, geostatistics, wavelets); дизайн выборки (модель на основе проектирования); статистический анализ (визуализация, упорядочение, регрессия и классификация); анализ неопределенности (распространение ошибок, оценка точности) и включение вспомогательных данных (проксимальные и дистанционные изображения, моделирование почвенного рельефа) – это главные методы, используемые для разработки прогнозных карт классов и свойств почв в США. Рекомендации NRCS по проведению соответствующей работы доступны на сайте министерства сельского хозяйства [127].

Широкий спектр оборудования для анализа почвы выпускает фирма «Amity Technology» (США).

Пробоотборник ATV 2024 (рис. 49) имеет меньшую и более легкую платформу со специально разработанным твердосплавным шнеком ∅ 1×12″ (2012), ¾x24″ (2024), ¾x36″ (2036), позволяющим отбирать пробы всех типов грунта (автоматический сбор до 20 образцов), включая мерзлый. Чрезвычайно быстрое время цикла (10-22 с) дает возможность собрать больше образцов почвы за меньшее время [128].

Рис. 49. Пробоотборник почвы ATV 2024

Для мониторинга плотности почвы применяются механические и ультразвуковые пенетромеры.

Например, компания «*SpectrumTechnologies*» специализируется на разработке и производстве измерительных приборов и систем для сельскохозяйственного рынка. С целью мониторинга погодных параметров разработаны метеостанции WatchDog; регистраторы данных WatchDog; программное обеспечение Specware, а также для прогнозирования 15 болезней растений и моделирования вреда от насекомых; рефрактометры; цифровые микроскопы с фотокамерами; влажномеры почвы FieldScout TDR 300; плотномеры почвы FieldScout SC 900; датчики влажности почвы WaterScout SM 100; регистраторы данных влажности почвы WatchDog.

Электронный *пенетрометр SC 900* измеряет индекс пирометрического конуса, сохраняет полученные данные и позволяет пользователю проводить их анализ. Запоминающее устройство и порт RS-232, расположенный на нижней части прибора, помогают измерять уплотнение почвы с привязкой к координатам местности. При обнаружении GPS-сигнала широта и долгота местоположения включаются в результаты измерения. Прибор совместим с картографическим онлайн-приложением SpecMaps, имеет память для хранения до 772 профилей [31].

Получили распространение также пробоотборники фирм «Wintex Agro»: Wintex 1000, Wintex 2000, Wintex MCL3 (https://www.wintexagrousa.com/), «Chrestie Engeneering» (Soiltest 1600) (https://www.christieengineering.com/) и др.

Среди негосударственных сервисов США, обеспечивающих цифровые решения и предоставляющие данные в АПК, можно выделить ряд приложений.

Цифровое приложение Agronote (https://agronote-app.blogspot.com/, разработчик MyAndroidApps) – подразделение крупнейшей американской компании «Google»), предназначено для облегчения учета расходов и доходов на ферме. Работает только на мобильных устройствах, имеющих операционную систему «Android».

Онлайн-платформа AkerScout (https://aker.ag/, разработчик Aker, шт. Миссури) создана для облегчения поиска проблемных участков на засеянных полях, требующих отдельного внимания аграриев. Работает практически на всех видах современных устройств мобильной связи. Консоль построена на технологии GPS-разведки. Согласно заявлениям разработчика, с помощью приложения достаточно оперативно выявляются пораженные вредителями участки. Платформа выполняет ряд заданий: собирает, диагностирует, соединяет (рис. 50).

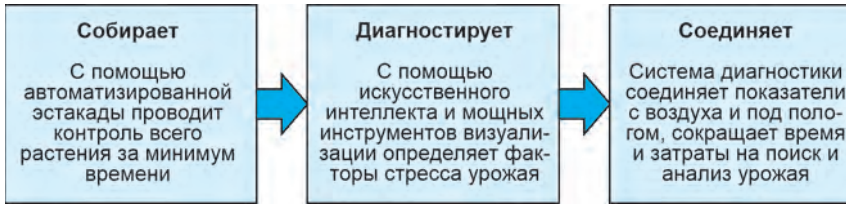


Рис. 50. Этапы работы платформы AkerScout

Экосистема Bushel (шт. Северная Дакота, https://bushelpowered.com/) представляет собой платформу мобильных приложений, интегрированных с бухгалтерскими системами зерновых элеваторов США. Предоставляет пользователю доступ к действующим предложениям по контрактам, весовым карточкам, предоплатам и другой рыночной информации, поддерживает API, приложения, веб-сайты и цифровые решения для поддержки сельскохозяйственного бизнеса и создания цифровой инфраструктуры всей отрасли.

Isoyl Precision Farming (разработчик – американская компания «Apple», https://www.soyl.com/). SOYL предоставляет услуги GPS

по отбору проб, анализу и картированию о наполнении питательных веществ почвы для дальнейшего принятия обоснованных управленческих решений: проведения точечного внесения удобрений, посева семян и последующей обработки средствами защиты урожая. Благодаря картографическим данным о состоянии земельных угодий того или иного фермера обслуживающие компании могут более эффективно и оперативно спланировать проведение необходимых работ. По заявлению разработчиков, сервис обеспечивает экономию затрат на сезонные работы до 40-50%.

Автономный робот TerraSentia (компания «EarthSense», шт. Иллинойс, https://www.earthsense.co/) осуществляет сбор данных в течение всего сезона на кукурузных полях (рис. 51).

Рис. 51. Автономный робот TerraSentia

Устройство позволяет лучше понять генетику стеблей и ее влияние на развитие и продуктивность растений, их физиологию и реакцию на внешние факторы. Множество датчиков помогают создать детальную картину сельхозугодий и провести глубокий анализ, вплоть до размера и количества отдельных колосьев, листьев.

Компания «EarthSense» также создали онлайн-платформу на основе искусственного интеллекта с соответствующим приложением, доступным для скачивания в операционных системах «Android» и «IOS». Основной функционал рассчитан на сбор обширного массива данных, который используется фермерами через устройство мобильной связи (смартфон, планшет) или компьютер для более эффективного расходования ресурсов при выращивании урожая, а также селекции.

Компания «Kiwi Technologies» (шт. Массачусетс, https://www.kiwitech.com/) за последнее десятилетие создала интегрированную экосистему для всесторонней поддержки стартапов по всему миру на ранних стадиях и на стадии роста. Ею создана одна из первых в стране автономная воздушная цифровая система точечной обработки посевных площадей с помощью беспилотного летательного аппарата. Стартовые инвестиции составили 5 млн долл. По заявлениям разработчика, с помощью удаленного управления (через мобильное устройство связи или компьютер) фермер имеет возможность провести обработку поля по внесению удобрений, агрохимикатов, а также непосредственный посев семян в почву, что позволяет сократить расходы в 2,5-3 раза по сравнению с традиционными способами.

Компанией «*Vibe Imaging Analytics*» (Калифорния, https://www.vibeia.com/) создано программное обеспечение Vibe Imaging Analytics. Анализатор зерна *VIBE QM3i* (рис. 52) способен проводить экспресс-оценку качества семени (физические свойства) после его уборки. Оцифрованные данные в режиме онлайн с выводом на устройство считываются с помощью ИИ (преобразование 30-минутного процесса в менее чем за 1 мин).

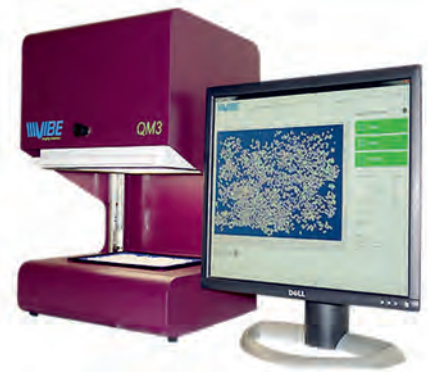


Рис. 52. Анализатор зерна VIBE QM3i

Устройство измеряет, подсчитывает и классифицирует размер, форму и цвет зерна и семян. Объективные результаты являются абсолютными, точными и воспроизводимыми. Основные клиенты – зерновые элеваторы и портовые терминалы. Разработка пользуется спросом не только в Соединённых Штатах, но и в странах ЕС, Израиле, Индии, Канаде, Китае, Мексике, Южной Корее. По мнению местных аналитиков, главное преимущество разработки – оперативность проведения анализа и обработки данных, что позволяет ускорять процесс принятия решений при проведении коммерческих операций.

Развитие автоматизация сельского хозяйства США набирает обороты. В ближайшие годы запланированы разработки качественных систем для сбора яблок, перца, клубники, томатов, винограда, огурцов и многих других культур. Рынок сельскохозяйственных роботов только зарождается, однако аналитики ABI Research предполагают, что к 2030 г. годовые поставки мобильных агроботов достигнут до 100 тыс. ед. – в 100 раз выше показателей в начале 2021 г. По сравнению с миллионами тракторов и другой сельскохозяйственной техники цифра кажется небольшой, однако нехватка рабочих рук в большинстве отраслей сельского хозяйства может привести к быстрому росту спроса на автоматические устройства.

Машины используют различные сенсоры для сбора данных о состоянии посевов и обрабатывают их в бортовых компьютерах и «облаке». Затем алгоритмы идентифицируют информацию о каждом растении. На этом же этапе автоматика принимает решение о нейтрализации сорняков. Следующий шаг – физическое воздействие.

Многие американские фермеры и крупные аграрные компании уже освоили телеуправляемые и полуавтономные машины, внедрили мониторинговые системы и технологии точного земледелия – автоматизация приходит в сферу физических процессов: речь идет, в частности, о механической прополке, подрезании деревьев и сборе плодов.

Переход к механической прополке экономит современным аграриям миллиарды долларов и существенно сокращает химическую нагрузку на организм потребителя.

В 2021 г. федеральные финансовые агентства США выделили средства на поддержку института AgAID (https://agaid.org/), призванного поддержать разработчиков и исследователей, занимающихся вопросами применения технологий с элементами исскуственного интелекта.

В 2022 г. *компания «Carbon Robotics» (https://carbonrobotics.com/)* предложила фермерам новую *автономную платформу LaserWeeder* (рис. 53).

Рис. 53. Автономная платформа LaserWeeder для борьбы с сорняками

Робот массой 4,3 т, шириной колеи 203 см и колесной базой 279,4 см оснащен сложной технологией искусственного интеллекта, использует робототехнику и лазерные технологии.

Состоит из бортового компьютера Nvidia, 12 камер высокого разрешения, способных отличать культуру от сорняка (предусмотрено освещение пространства под роботом, позволяющее работать независимо от времени суток), 8 независимых модулей для борьбы с сорняками, лазеров CO_2 мощностью 150 Вт и точностью до 3 мм с готовностью к выдаче импульса каждые 50 мс (до 20 раз в секунду) (рис. 54). Данная система позволяет роботу мгновенно выявлять, нацеливаться и уничтожать сорняки с помощью тепловой энергии во время движения, а запатентованная система освещения Carbon Robotics – платформе LaserWeeder работать днем и ночью практически в любых погодных условиях с точностью до миллиметра при площади поля от 80 до нескольких тысяч гектаров. Робот работает на поле со скоростью до 8 км/ч с разными культурами, включая посадки брокколи и лука, способен качественно обработать 6-8 га в день, избавив десятки сотрудников от ручного труда [129].

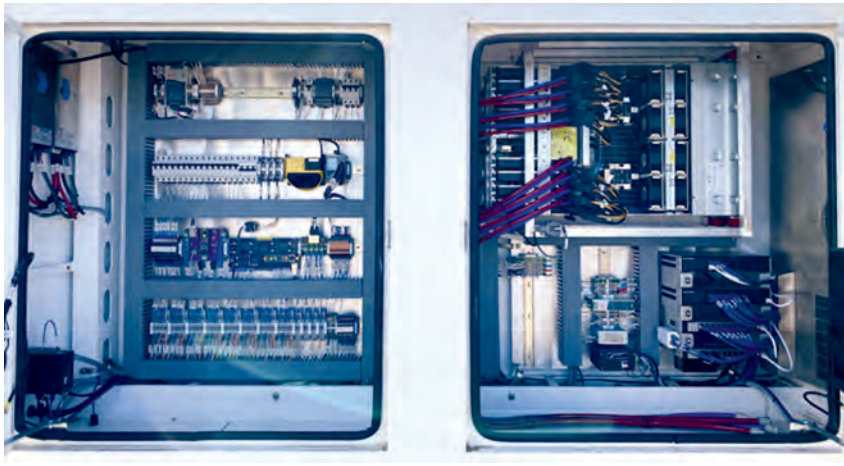


Рис. 54. Бортовой компьютер автономной платформы LaserWeeder

Рис. 55. Опционально управляемый электрический трактор MK-V

Калифорнийская *компания «Monarch» (https://www.monarchtractor.com/)* рассчитывает снабдить американские виноградники и фермы опционально управляемыми электрическими *тракторами MK-V* (рис. 55) уже к 2023 г. Устройства используют технологии точного земледелия, призваны сократить расход топлива и снизить объемы вредных выбросов. «Умные» тракторы предупредят фермера о заболеваниях посевов, засухе и иных проблемах, повысят точность применения химикатов и обеспечат индивидуальный подход к каждому растению. Основное преимущество систем – их автономность. Скорость трактора «Monarch» не превышает 5 км/ч. Автоматика MK-V оповещает человека, приблизившегося к устройству на 10 м, и полностью остановит трактор в том случае, если между ним и человеком будет менее 2,1 м. MK-V готов работать более 10 ч на одном заряде батарей, подзарядка за-

нимает 4-5 ч. Имеются наборы сменных батарей, обеспечивающих непрерывную круглосуточную работу системы. Мощность двигателя MK-V – 40 л.с., кратковременная пиковая мощность – 75 л.с. [130].

Стартап FarmWise (Сан-Франциско) в 2020 г. привлек в помощь фермерам робота-помощника *FarmWise* (рис. 56) для прополки полей. Разработчики намерены превратить устройства в универсальные фермерские платформы, способные выполнять практически любые задачи – от проведения посевных работ до сбора урожая. Роботы смогут анализировать показатели здоровья посевов: температуру, влажность и состояние почвы. Такие технологии формируют основу для индивидуального ухода за каждым ростком [131].

Рис. 56. Робот FarmWise для прополки полей

Калифорнийской компанией разработан *робот Abundant Robotics* (рис. 57) для сбора яблок.

Рис. 57. Калифорнийский робот для сбора яблок

Устройство перемещается по рядам между яблонями с помощью лидара-датчика, определяющего дальность путем отражения лазерного излучения. Посредством машинного зрения робот считывает

изображающие предметы (в данном случае фрукты), заранее настроенные оператором в программе (рис. 58). После распознавания степени зрелости фруктов он с помощью вакуумной трубки засасывает плоды с дерева, отправляя их по конвейеру в корзину. Робот может собирать яблоки 24 ч в сутки, пропуская недозревшие, чтобы вернуться к ним позже, как это сделал бы человек-сборщик. Скорость сбора – одно яблоко в секунду [132].

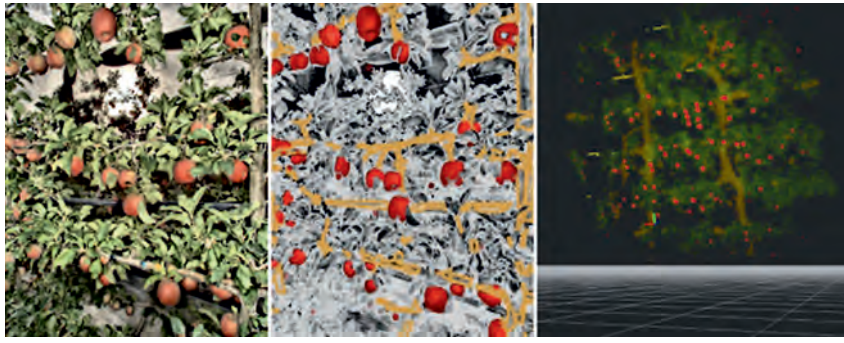


Рис. 58. Сканирование изображения роботом Abundant Robotics

Примерно 88% общего урожая фруктов в США приходится на Калифорнию, поэтому производители клубники вкладывают значительные средства в разработку роботов, способных собирать урожай и бороться с болезнями. Тенденция к роботизации сельского хозяйства частично является ответом на сокращение числа рабочих в этой сфере.

Робот «Berry» (рис. 59) предназначен для сбора клубники. Самоходный, работает от небольшого дизельного двигателя, который питает электрические компоненты. Текущая его версия позволяет собирать ягоды сразу с 8 грядок. Система технического зрения использует 3D-камеры и нейронные сети, чтобы обнаружить клубнику и отличить спелую от незрелой. Робот способен определить её положение с точностью до миллиметра, а затем приступить к ощипыванию, используя мягкие захваты из силикона [133].

Рис. 59. Робот «Berry» для сбора клубники

Рис. 60. Автоматизированные высокотехнологичные крытые аграрные комплексы, включающие в себя мобильные робоплатформы Grover и манипуляторы Ada

Калифорнийский стартап Iron Ox в 2021 г. привлек дополнительные средства на финансирование автоматизированных высокотехнологичных крытых аграрных комплексов, включающих в себя мобильные *робоплатформы Grover и манипуляторы Ada*, по обслуживанию гидропонной калифорнийской фермы Iron Ox, где выращивают базилик, клубнику, кинзу, петрушку, помидоры. Компания внедряет эту систему в теплице площадью 930 м^2, где беспилотный робот перемещает поддоны с продукцией, а система роботизированных рук поднимает их для проверки. Датчики проверяют воду на содержание азота и кислотности для здорового роста растений (рис. 60). По словам разработчиков, производительность комплекса превышает эффективность традиционной фермы (в расчете на 1 акр) примерно в 30 раз. Особенности гидропонной системы: потребление на 90% меньше воды, чем традиционные фермы. Компания строит также новую теплицу площадью 49703 м^2 [134].

Рис. 61. Автономная роботачка компании «Burro»

Компания «Burro» (ранее известная как «Augean») в 2021 г. представила новую разработку – автономную роботачку (рис. 61), способную перевозить до 226 кг груза. Для навигации автомашины используются GPS и оптические сенсоры. В полях занято около 90 роботов Burro. По словам разработчиков, платформа повышает эффективность сотрудника фермы на 20-30%, поэтому компания рассчитывает масштабировать производство и развернуть до конца 2022 г. свыше 500 систем. Платформы Burro будут наиболее востребованы там, где работа сезонных рабочих связана с перемещением больших грузов – сбор винограда, черники, малины, ежевики и др. Роботы не только следуют за сборщиками, но и доставляют урожай в требуемую точку в автономном режиме. Burro можно было бы задействовать не только на ферме, но и на заводе или в складском комплексе.

2.1.10. Швейцария

Проект Flourish, финансируемый программой Европейского сообщества *Horizon-2020* в рамках соглашения о гранте № 644227-Flourish и Государственным секретариатом Швейцарии по образованию, исследованиям и инновациям (SERI) в рамках контракта № 15.0029, предусматривает преодоление разрыва между текущими и желаемыми возможностями сельскохозяйственных роботов путём разработки адаптируемого роботизированного решения для точного земледелия. Объединив возможности аэрофотосъемки небольшого автономного многоцелевого беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с многоцелевым сельскохозяйственным беспилотным наземным транспортным средством (БНА), система может обследовать поле с воздуха, целенаправленно воздействовать на заземление и предоставление подробной информации для поддержки принятия решений с минимальным вмешательством пользователя,

быть адаптирована к широкому кругу видов сельскохозяйственной деятельности и различным культурам путем применения различных датчиков, индикаторов состояния и пакетов обработки почвы. Собранная информация может использоваться наряду с существующим высокоточным сельскохозяйственным оборудованием, например путем предоставления карт местоположения для внесения удобрений [135].

Основу навигационных систем беспилотных летательных аппаратов составляют приёмники глобальных систем спутниковой навигации, совмещённые с блоком инерциальных датчиков пространственной ориентации. Обычно это малогабаритный приемник с антенной, устанавливаемый на борт БПЛА и получающий данные со спутников.

Модульный ГНСС-приемник Emlid Reach M+ позволяет решать задачи точного позиционирования современных беспилотных систем (рис. 62) [136]. Обеспечивает поддержку сигналов GLONASS G1, GPS/QZSS L1, BeiDou B1, Galileo E1, SBAS. Emlid Reach M+, интегрируется в различные системы, требующие сантиметровой точности, может управляться с помощью приложения ReachView.

Рис. 62. ГНСС-модули RTK для картирования БПЛА

Модульный ГНСС-приемник Emlid Reach M2 компании «Topcon» для БПЛА массой менее 20 г на базе современного двухчастотного навигационного процессора швейцарского производства предназначен для выполнения аэрофотограмметрических работ [137]. Обеспечивает поддержку сигналов GLONASS (L1, L2), GPS/QZSS (L1, L2), BeiDou (B1, B2), Galileo (E1, E5), SBAS, отслеживание спутниковых сигналов GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo, QZSS и SBAS и точность от субметровой (DGPS) до сантиметровой (RTK), низкое энергопотребление; режимы работы – RTK, ста-

тика, кинематика, передача поправок; память 16 Гб; плата ГНСС B111 (двухчастотный ГНСС-приемник). Широкий набор интерфейсов передачи данных и поддержка большого количества внешних устройств делают плату B111 гибким и простым инструментом при интеграции в любой проект (БПЛА, сельское хозяйство, морская навигация, авиация и др.), где необходима точность позиционирования.

Рис. 63. Электрическая версия Rigitrac SKE 40 Electric

Производитель сельскохозяйственной техники *компания «Sepp Knusel»* после двухлетних испытаний трактора SKE 50 запустила в 2021 г. в серийное производство новую *электрическую версию Rigitrac SKE 40 Electric*. Новый трактор «Rigitrac SKE 40 Electric» (рис. 63) представляет собой полностью электрифицированную машину с высокоэффективным электродвигателем номинальной мощностью 54 л.с. (40 кВт). Максимальная мощность агрегата – 87 л.с. (64 кВт). Трактор оснащен 6-цилиндровым насосом Rigitrac производительностью 40 л/мин. Грузоподъемность передней навески – 700, задней – 1400 кг. Источником энергии служит литий-ионный аккумулятор с водяным охлаждением, который заряжается примерно на 80% в течение 2 ч с помощью быстрого зарядного устройства. Трактор можно заряжать и с помощью базового устройства – для полного заряда батареи требуется около 6,5 ч. В зависимости от интенсивности выполнения технологических операций время работы техники составляет 4-6 ч. Электроэнергия отключается с помощью тормозной системы. Благодаря переднему и заднему ВОМ с собственным электродвигателем направление вращения и скорость регулируются. Передний ВОМ обеспечивает 19, задний – 25 л.с. Трактор оснащен телематической системой, передающей информацию об эффективности использования техники, простоях и заряде батареи на сервер компании «Sepp Knüsel» [138].

Швейцарская компания «ecoRobotix» является одним из лидеров в области разработки роботов для химической обработки растений (рис. 64). Модель AVO является автономным роботом, использующим передовые технологии машинного обучения для распознавания и выборочного опрыскивания сорняков микродозой гербицидов. Точность обработки – до 1 см, что сокращает объем используемого препарата более чем на 90%. Перед началом работы оператор задает параметры границ поля в программное обеспечение, а система самостоятельно генерирует маршрут движения. Точной навигации и позиционированию способствуют камеры слежения и модуль GPS RTK. Для обеспечения безопасности AVO оснащен лидаром и ультразвуковыми датчиками обнаружения препятствий.

Рис. 64. Автономный робот AVO (фото: ecorobotix.comAVO (ecoRobotix)

AVO имеет полный привод мощностью 3 кВт с независимым управлением четырех колес, что позволяет ему преодолевать препятствия и работать на склонах до 10°, а также обеспечивает высокую маневренность и небольшой радиус поворота. Масса робота – 750 кг, включая батареи и заполненную емкость для гербицидов на 120 л, время автономной работы – 8 ч, производительность – до 0,6 га/ч при максимальной скорости движения 1 м/с.

Робот ecoRobotix (рис. 65) создан для автоматического прореживания посадок и прополки сорняков, а также точечного применения гербицидов. Работает на основе передовых алгоритмов распознавания сорняков и сенсорных технологиий, имеет быстрые роботизированные руки, беспроводную связь, демонстрирует высокую энергоэффективность. С помощью нейросети робот отличает полезные культуры от сорняков. «Изучив» на старте несколько миллионов фотографий здоровых и больных растений на разных стадиях роста, система с помощью видеокамеры может за несколько миллисекунд определить, находится перед ней здоровый побег или сорняк, а так-

же оценить степень угрозы для урожая и предложить способы решения проблемы, если заметны признаки заражения культур.

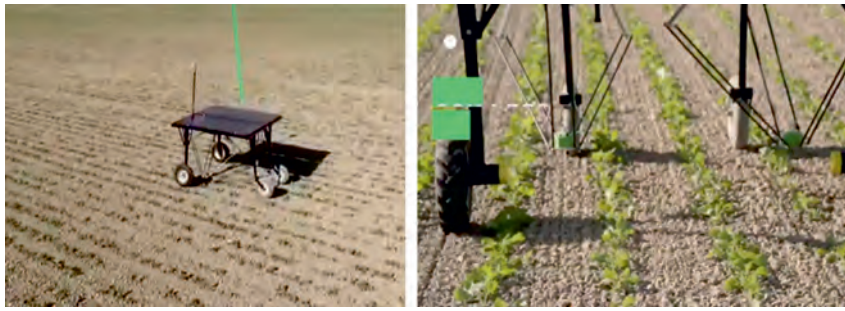


Рис. 65. Робот ecoRobotix для прореживания посадок и прополки сорняков

Робот оснащён системой компьютерного зрения для идентификации сорняков. Способен обработать около 3 га посевов в день и при необходимости опрыснуть сорняк небольшой дозой гербицида, что снижает объем использования химикатов в 2-3 раза [139]. Ориентация в пространстве происходит с использованием GPS и сенсорных датчиков.

Компания «Pix4D» (Швейцария) представила линейку программного обеспечения для фотограмметрической обработки данных с БПЛА, в том числе мультиспектральных данных и видеофайлов, а также создания карт вегетационных индексов и расчета объемов. Pix4D широко используется в различных сферах: в геодезии и картографии для построения точных ортофотопланов и 3D-моделей местности и сооружений, сельском хозяйстве для создания карт вегетационных индексов и получения информации о состоянии растительности, в добывающей промышленности для оценки объемов земляных работ.

Программа Pix4Dmapper компании «Pix4D» (рис. 66) предназначена для фотограмметрической обработки данных с БПЛА; получения ортофотопланов, цифровых моделей рельефа (ЦМР) и местности (ЦММ); трехмерных моделей зданий; расчета объемов; карт высот, отражений солнечной радиации и расчета вегетационных индексов [140].

Рис. 66. Основные разделы программы Pix4Dmapper компании «Pix4D»

Основные преимущества Pix4Dmapper: обработка на персональном компьютере или в облаке Pix4D; автоматическое извлечение кадров из видеофайлов (формата mp4 или avi) для создания проекта (только в настольной версии); возможность совместного использования проектов через облачную версию по прямой ссылке; отсутствие ограничений по разрешению камер; обработка данных с любых камер – компактных, DSLR, термальных, многоспектральных, Fisheye (панорамных камер), широкоформатных и др.); поддержка RTK/PPK и IMU для более быстрой и надежной калибровки; высокоскоростная обработка за счет использования ядер CPU и GPU.

Обработка входных данных проводится с помощью *технологии rayCloud*™, способной сопоставлять изображения с каждой точкой трехмерной модели, создавать векторные объекты, записывать видеоролики, измерять расстояния и объёмы, редактировать облака точек, добавлять опорные и связующие точки, задавать области обработки и др. (рис. 67).

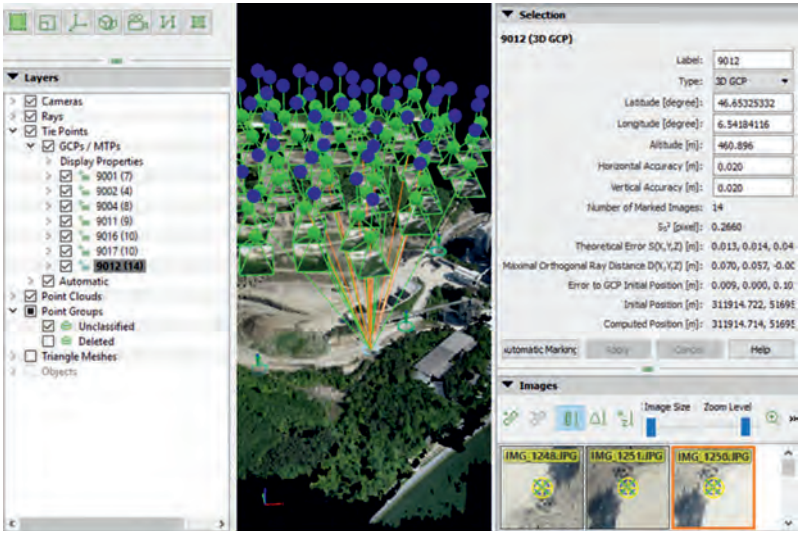


Рис. 67. Выполнение задания наземных контрольных точек с применением технологии rayCloud™

Pix4Dmapper способна измерить объем в 3D-формате. При указании на модели точки основания программа автоматически создает поверхность отсчета и просчитывает объем территории (рис. 68).

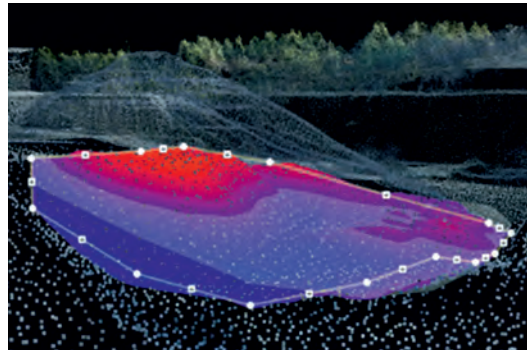


Рис. 68. Расчет объема исследуемой площади: синие области – объем ниже базового уровня (fill volume); красные – объем выше базового уровня (cut volume)

Программа Pix4Dfields предназначена для повышения эффективности работы агропредприятий путем использования беспилотных технологий в точном земледелии. С её помощью можно построить точные карты полей, определить стадии урожайности и состояние растений, создать карты предписаний для внесения удобрений.

Основные преимущества программы: отсутствие избыточного функционала; интуитивно понятный интерфейс и максимально простой процесс обработки; поддержка наиболее распространённых мультиспектральных камер для БПЛА (MicaSense RedEdge, Parrot Sequoia, Multispec 4C), RGB-камер (senseFly S.O.D.A., DJI Phantom 4 PRO) и тепловых и модифицированных (MicaSense Altum, камеры MAPIR); мобильность использования: высокая скорость обработки съёмки непосредственно в поле.

Программа способна представить результаты обработки и выходные форматы данных:

- ортомозайки – наглядное и понятное представление поля, например для первоначальной оценки урожайности или определения страхового возмещения;
- границы полей – импорт или создание границ поля для выполнения анализа;
- карты вегетационных индексов (рис. 69) – индексные карты показывают различия между одинаковыми видами растений. Такие различия могут появиться, например, из-за недостатка воды, удобрений, появления вредителей и др. Pix4Dfields позволяет выполнять автоматический расчет следующих индексов: BNDVI, GNDVI, LCI, MCARI, NDRE, NDVI, SIPI2, TGI или VARI. Набор доступных индексов подбирается автоматически исходя из доступных спектральных каналов камеры. В интерфейсе программы можно не только просмотреть, но и сравнить результаты расчётов индексов;
- цифровая модель поверхности – карта для определения изменения ирригации и определения областей, подверженных эрозии;
- зональные карты – зонирование карт индексов растительности или цифровых моделей поверхности (от второго до седьмого классов) для перевода информации в более функциональный слой, настройка уровней детализации;

■ карты предписаний – карта зонирования, где каждая из зон имеет свое предписание (например, дифференцированное внесение удобрений);

■ аннотации – внесение дополнительной информации и изображений на карту в виде аннотаций.

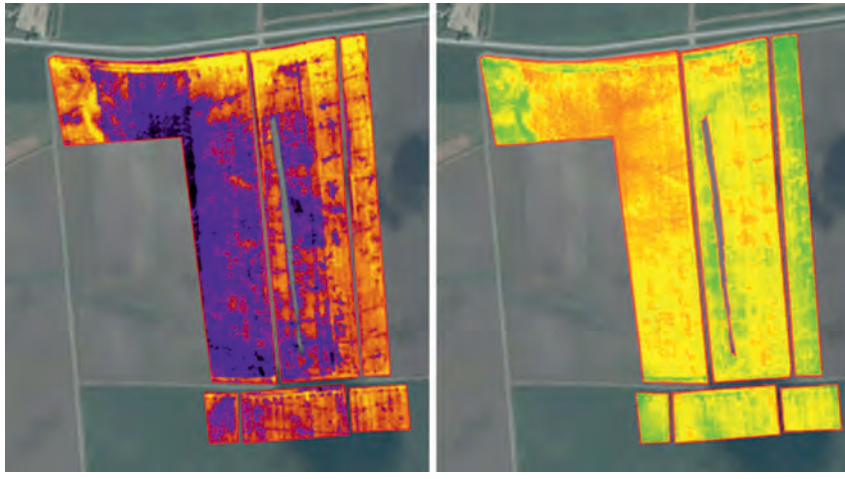


Рис. 69. Карты вегетационных индексов

2.1.11. Норвегия

Одна из ведущих стран Европы по цифровизации. Индекс DESI (Индекс цифровой экономики и общества) оценивает Норвегию в Топ-5 первых стран с точки зрения развития цифровых компетенций, распространения широкополосных и мобильных сетей, использования цифровых услуг в бизнесе и обществе, а также общедоступных цифровых услуг. В частности, это относится к показателям «пользователи электронного правительства» и «цифровые услуги для бизнеса». Страна преуспевает также в области цифровой грамотности и использования цифровых услуг в бизнесе и обществе [141].

Правительство Норвегии выступило с инициативой «Food Nation Norway» поддержать инновационные решения, начиная от индикаторов свежести для упаковки пищевых продуктов и заканчивая сельскохозяйственными роботами.

Норвежские новаторы в области производства продуктов питания помогают модернизировать традиционное сельское хозяйство. К ним относится *N2 Applied* [142], который позволяет фермерам превращать жидкий навоз (известен также как навозная жижа) в устойчивое удобрение с низким уровнем выбросов, используя только воздух и электричество.

Soil Steam International [143] разработаны как мобильные, так и стационарные машины, использующие пар для очистки почвы от грибков, сорняков, семян и нематод без применения пестицидов.

Мобильная пропарочная машина SoilPrep2020 (рис. 70) уничтожает сорняки в почве с помощью пара, позволяя фермерам повысить урожайность и качество, продлить срок хранения продукции без использования пестицидов, пропаривая почву на глубину до 30 см в открытом поле. Запатентованная технология нейтрализует 95-100% грибков, сорняков, семян и нематод в почве без пестицидов.

Рис. 70. Мобильная пропарочная машина SoilPrep2020

Машина обрабатывает от 600 до 1 500 м^2 сельхозугодий в час в зависимости от температуры и влажности почвы. Процесс пастеризации контролируется таким образом, чтобы патогены уничтожались, а полезные микробы оставались нетронутыми. Семена и корни под поверхностью инактивированы, поэтому не вырастут после вспашки. Одного лечения хватает на срок до пяти лет. Например, морковь, выращенная в обработанной почве, хранится более чем в 2 раза дольше после сбора урожая из-за отсутствия грибков, вызы-

вающих гниение во время хранения и транспортировки на дальние расстояния, а для таких культур, как клубника, очистка паром может привести к 100%-ному увеличению общего урожая. Кроме того, обработанная почва требует более коротких интервалов севооборота, что позволяет чаще сажать высокодоходные фрукты и овощи.

Технология основана на более чем 20-летних исследованиях, разработках и испытаниях при поддержке таких партнеров, как Норвежский институт биоэкономических исследований (NIBIO), Исследовательский совет Норвегии и EIT Climate-KIC [144].

Для норвежских производителей умные и эффективные технологии производства продуктов питания будут иметь решающее значение. В стране уже есть одна из самых современных и высокотехнологичных систем производства продуктов питания в мире с широко распространенной и быстро развивающейся цифровизацией.

Норвежская компания «*Adigo Mechatronics*» работает в областях промышленного дизайна, машиностроения, кибернетики, информатики и термодинамики, объединяя задачи междисциплинарных проектов, часто, сочетая пользовательский опыт, динамическую механику и электронику в реальном времени. Для сельского хозяйства разработаны и представлены роботы с полевым потоком для автоматического измерения окиси азота в почве, технологии точного распыления агрохимикатов в поле, пробоотборник почвы и др.

Рис. 71. Робот Adigo Field Flux для быстрого определения скорости эмиссии N_2O из почвы

Робот Adigo Field Flux (рис. 71) предназначен для быстрого определения скорости эмиссии N_2O из почвы. При удобрении азотом часть N превращается в парниковый газ – закись азота (N_2O), которую растения не могут использовать. Автономный робот исследует эффективные методы сохранения азота в почве, позволяя радикально упро-

стить полевые эксперименты, цель которых – определение количества N_2O, выбрасываемого при различных условиях.

Опуская алюминиевые цилиндры на почву, робот проводит анализы примерно в 25 раз быстрее, чем при использовании традиционных методов. Он способен также замерять эмиссию CO_2. В компании-разработчике готовят новую версию робота [145].

Kilter AX-1 (рис. 72) – первый полностью автоматизированный сельскохозяйственный робот, использующий сенсорное зрение для выявления сорняков. С помощью нейронной сети прокладывает маршрут точного распределения количества гербицида непосредственно на сорняки, не касаясь урожая или почвы. Применение технологии распыления позволяет снизить расход гербицидов на 95% [146].

Рис. 72. Робот Kilter AX-1 для точного опрыскивания сорняков вокруг сельскохозяйственных культур

Следующая норвежская агротехновинка – автономный многофункциональный робот *Thorvald от Saga Robotics* для решения многих задач: сбор фруктов и овощей, кошение травы на корм скоту, опрыскивание и транспортировка по полю до проведения УФ-обработки, фенотипирование, сбор и анализ данных для прогнозирования урожая, предотвращение появления плесени на ягодах, фруктах или винограде путем ультрафиолетовой обработки ночью (рис. 73) и др. Может оснащаться автономными прецизионными опрыскивателями, которые воздействуют только на сорняки, а не на

растения, что снижает использование гербицидов и стоков в водные пути. Поскольку робот модульный, то его можно собирать для работы в разных топографиях с различными типами культур на полях и в теплицах. Может работать в течение суток. В силу небольшой массы способен заменить тяжелую технику.

Рис. 73. Робот Thorvald удаляет плесень с клубники в ночное время суток

В стране наблюдается бум агротехнологических компаний, которые не только представляют новаторские решения, но и модернизируют обычное сельскохозяйственное оборудование, разрабатывают цифровые технологии, включающие в себя сбор и анализ данных, чтобы улучшить деятельность предприятий и защитить всю цепочку поставок продуктов питания.

Например, *система Mimiro* продвигает рентабельное и экологически безопасное производство продуктов питания. С помощью набора цифровых решений для фермеров анализирует данные, собранные из различных источников. В сочетании с полезными приложениями система позволяет фермерам оптимизировать производство, сократить выбросы парниковых газов и увеличивать доход по всей цепочке производства. Устройство разрабатывает также платформу данных и услуги машинного обучения, чтобы обеспечить обмен данными между несколькими заинтересованными сторонами.

Однако большинство фермеров не имеют доступа к цифровым инструментам, способных сделать рабочий день более эффективным, поэтому Mimiro – это комплексная цифровая экосистема для всей сельскохозяйственной отрасли, предоставляющая фермерам полезные приложения и доступ к ценным данным для третьих лиц, сохраняя данные в безопасном облаке [147].

Компания «Farmforce» основана фондом Syngenta в Кении (https://farmforce.com/), имеет девятилетний опыт работы и управляет более чем 730 тыс. фермеров в более чем 125 цепочках создания стоимости сельскохозяйственных культур на 15 языках на платформе. Тесно сотрудничает с клиентами, чтобы совершенствоваться и внедрять инновации. Предлагает индивидуальные цифровые решения для транснациональных корпораций, НПО, кооперативов, фермеров, местных сообществ и потребителей, включая инструменты управления сетью ферм, решение для расширенного отслеживания, глобальную систему управления и готовую к работе платформу для предприятий. Благодаря наработанному опыту предоставляет решения, позволяющие заинтересованным сторонам улучшить сбор данных и управление ими, наглядность, отслеживаемость, устойчивость и др. [148]. Например, система мониторинга и оценки (M&E) централизованно управляет прозрачными взаимодействиями с сотнями кооперативов по производству какао и более чем 250 тыс. мелких фермеров, поставляющих его компании «Cargill» в Западной Африке.

Компанией «7Sense» разработана технология управления орошением, позволяющая экономить воду и время мелиорации, беречь урожай. Используя спутниковую навигацию, беспроводной датчик (рис. 74) (его можно легко модернизировать практически для любого типа существующей системы орошения) предоставляет информацию в режиме реального времени о том, где находится тележка дождевателя, с какой скоростью она движется

Рис. 74. Датчик орошения для снижения потерь воды

и когда ожидается окончание полива. Датчик обнаруживает также любую потерю воды и предупреждает фермера. Вся информация автоматически поступает на мобильное устройство фермера, которое можно легко настроить для различных типов оповещений [149].

Во всем мире Норвегия известна устойчивым развитием морских ресурсов. Обширный опыт страны пользуется все большим спросом на международном уровне и имеет огромный потенциал. Поставщики оборудования, научно-исследовательское сообщество и правительство тесно сотрудничают в разработке инновационных решений для устойчивой аквакультуры. Норвежские компании добились также больших успехов в использовании остаточного морского сырья для производства устойчивых и ценных продуктов.

Например, ведущим исследовательским учреждением в Норвегии Marrealis обнаружено, что биоактивные морские пептиды, полученные из панцирей креветок, могут снижать кровяное давление. На основе биоактивных пептидов, полученных из белков панцирей свежих холодноводных арктических креветок (*Pandalus Borealis*), был создан запатентованный сильнодействующий препарат PreCardix – естественное решение для снижения кровяного давления без побочных эффектов [150].

2.1.12. Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

В 2017 г. Великобритания представила стратегию развития цифровых технологий (Digital Strategy) на перспективу. Документ включает в себя семь направлений, по которым страна намерена развивать «ведущую цифровую экономику» в мире – это инфраструктура, навыки и вовлеченность, цифровой сектор, расширение экономики, киберпространство, цифровое правительство, экономика данных. Стратегия, в частности, подразумевает создание пяти международных технологических центров на развивающихся рынках, что позволит британским компаниям поддерживать свое глобальное преимущество. Страна уже имеет конкурентное преимущество в области искусственного интеллекта (здесь работают самые инновационные компании в мире), располагает развитой экосистемой инвесторов, работодателей, разработчиков и потребителей в сфере ИИ [151].

С целью цифровизации сельского хозяйства в Британии создана и финансируется государственная программа «Трансформация производства продовольствия: от сельскохозяйственной фермы до тарелки». Её цель – переместить сельское хозяйство страны на самые передовые позиции в мире [152]. Предполагается, что в течение ближайших десяти лет рост внедрения IT на полях и фермах страны будет в разы больше. Около 50% фермерских хозяйств, среди которых более 80% – крупные фермы, используют IT. Британские фермеры активно применяют технологии ТЧЗ в комплексе с системой автоматического управления тракторами, машинами и механизмами на основе «Системы Глобального Позиционирования – Джи-ПиЭс (GPS)», которая в большинстве случаев уже «встроена» в современные тракторы и самоходные машины или их приобретают отдельно и устанавливают на имеющуюся технику. По мнению британских фермеров, программное обеспечение (ПО) является одной из дорогостоящих составляющих цифровизации.

Для более эффективного использования потенциала IT в АПК правительство страны приняло решение о создании специализированной платформы-сайта по сбору, обработке и хранению Больших Данных, включающей в себя обширную информацию по метеорологии, удобрениям, свойствам почв, сортам и гибридам сельскохозяйственных культур, показателям урожайности, параметрам животных, способам и средствам ухода за ними и др. Перерабатывающие предприятия и торговые сети также используют информацию платформы Больших Данных в своих практических целях, активно размещая на ней информацию о своих компаниях, оказываемых услугах, продаваемых/закупаемых товарах, продвигая тем самым свою продукцию на рынок, и осуществляют поиск потенциальных партнеров по бизнесу.

Новый *проект для фермы Hands Free Hectare* разработан специалистами университета Харпера Адамса и компании «Precision Decisions» – он первый в мире, где абсолютно все делают роботы. С помощью автоматизированных устройств на площади около 2,5 га удается собрать 4,5 т ячменя. Машинами управляет технический персонал из диспетчерской (рис. 75).

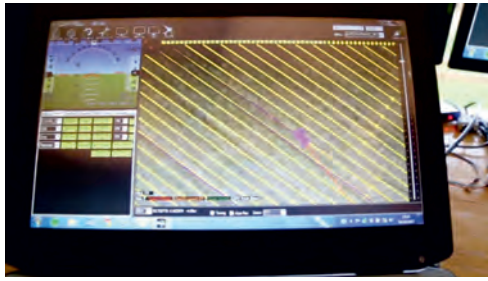


Рис. 75. Управление фермой в On-line режиме

Дроны со встроенными мультиспектральными датчиками проводят съемку угодий. Камеры в режиме реального времени оповещают о вредителях или сорняках. Сельскохозяйственные машины берут образцы земли, оценивают ее, подбирают удобрения. Трактор передвигается на автопилоте и фактически предоставлен сам себе, на нем установлены лазерные сканеры, которые распознают помехи перед транспортным средством, чтобы не допустить наезда на человека, животное или какое-либо препятствие. Автопилот ориентируется по GPS, поэтому система может самостоятельно прокладывать маршрут по участку. Процесс посева ячменя трактором занимает 6 ч.

Начало этапа сбора урожая, как признаются агрономы, является самым сложным, ведь по условиям проекта они не могут пройтись между рядами, чтобы оценить состояние посевов. Дрон-разведчик записывает видео, сам берет пробы сеянцев. Для удобства инженеры используют прямую трансляцию с устройства. Весь проект оценивается в 250 тыс. долл. [153].

Новый проект автоматизированного сбора урожая (Automated Brassica harvest) капусты (в том числе цветной), брокколи и других овощей нашел свое признание на о. Корнуолле (Англия). *Двуручный робот GummiArm* (Шарнирная «рука») бережно собирает урожай, копируя анатомические особенности человеческой кисти при сборе и сканируя спелые плоды цифровыми камерами. Роботизированные системы можно переориентировать на прополку и опрыскивание растений различными пестицидами и вносить удобрения. Машины заменяют нехватку сезонных рабочих, снижая затраты фермеров [154].

Созданный инженерами из Кембриджского университета *роботизированный сборщик Vegebot* самостоятельно собирает листья салата

Айсберг, а также распознает готовые к срезанию неповрежденные кочаны, аккуратно обрабатывает их и собирает в тару (рис. 76).

Рис. 76. Роботизированный сборщик Vegebot

2.1.13. Канада

В стране широко распространен *метод «precision farming» (точное земледелие)*, предназначенный для сбора данных о состоянии сельскохозяйственных угодий и урожая.

Специализированные фирмы предлагают услуги по установке технического оборудования на территории фермерского хозяйства, кроме того, компании осуществляют следующие виды работ и услуг [155, 156]:

- картографирование почв с целью точечного известкования/гипсования;
- спутниковые снимки/определение стандартизированного индекса различий растительного покрова;
- анализ макро- и микроэлементов почв, воды;
- интерпретация данных;
- информация о потенциальном урожае;
- почвенный потенциал для выращивания различных культур для управления севооборотами;
- методы обработки почвы (по глубине и типам);
- отбор проб листьев;
- рекомендации по внесению и использованию удобрений;
- разработка проектов и технико-экономических обоснований по орошению, разбивке садов и др.;
- оценка осушительной (дренажной) системы;

■ определение эффективной глубины корней растений и емкости воды;

■ применение технологии точечного внесения удобрений с учетом классификации, выборки почв по химическому составу и интерпретации данных об урожае.

Одним из инновационных подходов в развитии сельского хозяйства Канады является использование беспилотной техники. Авиадроны активно применяются в фермерских хозяйствах для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур и ландшафтов.

Министерством транспорта Канады установлены правила использования беспилотников. В сельском хозяйстве допустимо применять летающие аппараты массой от 1 до 25 кг, на которых указаны имя, фамилия и контактная информация лица-собственника. К использованию беспилотной техники допускаются лица, достигшие 16 лет и старше, прошедшие базовые курсы по управлению и эксплуатации и подписавшие соглашение о страховании ответственности.

В соответствии с законодательством страны сельскохозяйственным дронам запрещено летать на расстоянии ближе 5,5 км от аэропортов, 1,85 км от вертолетных площадок, 150 м от мест скопления людей, 75 м от людей, транспортных средств, судов, 1 км от населенных пунктов [30].

Дистанционное зондирование посевных площадей и сельскохозяйственных культур осуществляется с помощью спутниковой связи. В 2019 г. для продолжения работы серии канадских спутников радиолокационного наблюдения Миссия Radarsat Constellation вслед за предыдущими канадскими спутниками радиолокационного наблюдения Radarsat 1 (1995 г.) и Radarsat 2 (2007 г.) ракетой Falcon 9 запустила три космических корабля массой 3152 фунта (1430 кг) из Калифорнии. Каждый спутник RCM оснащен радиолокационным прибором С-диапазона с развертываемой антенной решеткой, передатчиками и приемниками. В отличие от оптических камер радары могут видеть сквозь облака и вести наблюдение круглосуточно. Радиолокационные приборы излучают сигналы и измеряют волны, отраженные от поверхности Земли, что дает информацию о строениях, кораблях, лесах, льдах и посевах. При поддержке федерального правительства разработаны программы оценки урожая, основанные

на данных радиолокационных спутников, которые позволяют собирать информацию, оценивать влажность почвы и даже определять количество биомассы на полях [157].

Немаловажную роль в сельскохозяйственном секторе Канады играют геоинформационные технологии, основанные на сборе, анализе, управлении и моделировании данных и формировании специальных карт. Для получения необходимой информации используются наземные, морские, воздушные и спутниковые системы.

Министерством сельского хозяйства Канады совместно с другими правительственными организациями, включая Министерство экологии, Министерство природных ресурсов и Канадскую службу статистики, в рамках проекта «Национальная служба информации о земных и водных ресурсах» (NLWIS) разработан агрогеоматический портал (https://www.usgs.gov/). Данный веб-портал включает в себя обширный набор интерактивных карт, инструментов планирования, баз экспертной информации и геопространственных данных по землепользованию, почвам, водным ресурсам, климатическим условиям и биоразнообразию Канады. Эти данные интегрированы в общую информационную базу для совместного использования органами власти различных уровней, производителями, специалистами по землепользованию всей страны. На веб-портале представлены интерактивные карты, составленные по десяти агроэкологическим индикаторам. Индикаторы могут использоваться для оценки эффективности экологической политики и целевых программ, определения специальных методов ведения фермерского хозяйства и отображения текущего состояния окружающей среды. Веб-сайт включает в себя агроэкологические данные из различных источников, используемых географической информационной системой (ГИС). Геоматические карты о растениях в разнообразных климатических зонах Канады были разработаны Министерством природных ресурсов и очень активно используются в растениеводстве. Среди новейших разработок в данном направлении необходимо выделить инструмент картографического учета и анализа состояния биомассы (Biomass Inventory Mapping and Analysis Tool). Данный инструмент разработан для получения информации об остаточной биомассе на территории Канады, ко-

торая может использоваться в качестве возобновляемого ресурса для сельскохозяйственной, нефтяной и других видов промышленности [114].

В научно-исследовательских центрах Минсельхоза Канады с целью определения потенциальной урожайности сельхозугодий разработан программный продукт с использованием «индекса листовой поверхности» (Leaf Area Index, LAI-2000 или цифровая полусферическая камера). С помощью цифровой цветной камеры проводится расчет «индекса листовой поверхности» до того, как растения достигнут конечной фазы роста. Используемые в программе «GreenCropTracker» методы позволяют обрабатывать любые цветные фотографии различных сельскохозяйственных культур.

Данная программа может применяться по следующим направлениям:

- изучение урожая сельскохозяйственных культур на экспериментальных участках и в коммерческом производстве;
- оценка влияния изменения климата на выращивание продукции растениеводства;
- получение данных с целью расчета показателей состояния сельхозугодий, а также для верификации моделей развития сельхозкультур;
- привязка сельскохозяйственных моделей роста к метеорологическим моделям.

Программу можно бесплатно скачать с сайта Минсельхоза Канады [158].

В феврале 2022 г. *компания «Korechi Innovations»* представила две версии автономного сельскохозяйственного *робота RoamIO* (рис. 77). Машины способны выполнять широкий спектр задач: от культивации и картографирования поля до сбора данных и выполнения проб почвы. По словам разработчиков, системы поддержат подготовку посевного ложа, посевные работы, механическую прополку сорняков, транспортировку, покос и ряд других сельскохозяйственных процессов. Основная сфера применения – овощеводство.

Рис. 77. Автономный сельскохозяйственный робот RoamIO для широкого спектра работ

Гусеничная *электрическая система RoamIO mini* минимизирует повреждение почвы: точную навигацию устройства и уклонение от столкновений обеспечивают технология RTK, лидар и оптические сенсоры. Одного заряда батарей (Li-Ion 20 кВт·ч) хватает на 8 ч работы. RoamIO HCT массой 450 кг и грузоподъемностью 300 кг разгоняется до 8,5 км/ч, развивает мощность порядка 17 лошадиных сил (мощность двигателя 10 кВт), работает с широким ассортиментом сельскохозяйственного оборудования. Он может буксировать прицепы массой до 6 т. Заряда батареи (Li-Ion 40 кВт·ч) хватает на 9 ч полевых работ. При необходимости робот можно укомплектовать дизельным генератором. Обе системы управляются с помощью приложения Android: вблизи – с планшета через WiFi или через «облако». Разработчики рассчитывают добавить опцию голосового управления [53].

Прополочного робота La Chèvre («козел») (рис. 78) в 2020 г. представила *компания «Nexus Robotics»*. Робот способен распознавать все виды сельскохозяйственных растений на всех стадиях роста и при прополке уничтожает до 95% сорняков, включая и те, которые выросли максимально близко к полезным культурам. Разработчики рассчитывают помочь фермерам отказаться от использования гербицидов и перейти на механическую прополку с высокой точностью и режимом работы системы 24 ч в сутки, пропалывая, по данным за

2021 г., от 1 до 4 га в сутки в зависимости от вида выращиваемых культур и плотности сорняков.

Рис. 78. Прополочный робот La Chèvre

Устройство полагается на технологию кинематики реального времени (RTK) и метод одновременной локализации и построения карты (SLAM). SLAM используется для построения карты, локализации транспортного средства и учета координат полезных растений. Для работы с сорняками применяются три роботизированных манипулятора дельта-типа, которые выдергивают ненужные растения, не повреждая культуру даже при их близком расположении. Для выявления сорняков используются камеры и нейросеть. Заодно система выявляет заболевания культуры и вредителей, соответствующая информация также становится доступна фермеру. Применять робота рекомендуется на прополке салата, лука и моркови. Пока робот используется только в Северной Америке [53].

Новая технология точного земледелия Eising Soilreader разработана для анализа почвы (считывает девять показателей питательных веществ) (рис. 79). Использует спектроскопию NIR (в ближней инфракрасной области) для измерения уровня содержания девяти компонентов почвы (N, P, K, pH и др.) в реальном времени и на переменной глубине прямо в поле [159]. Включает в себя сапфировое стекло, спектрометр и микрокомпьютер со слоистым сошником для разрезания почвы, которые могут быть смонтированы на любой прицепной машине. Когда стекло соприкасается с почвой, отражение подсветки улавливается датчиком и передается по оптоволоконному кабелю

на мини-спектрометр и мини-компьютеры, установленные в концентраторе. Полученные данные через беспроводную систему поступают в кабину, после чего могут использоваться для создания карт полей с целью планирования или подачи семян и удобрений в режиме реального времени.

Рис. 79. Технология точного земледелия Eising Soilreader

Бесконтактное определение электропроводности почвы проводится с помощью приборов для измерения электромагнитной индукции и георадаров. Аппаратура для измерения электромагнитной индукции в большинстве случаев объединяется с приемниками GPS для обеспечения позиционирования проводимых измерений. Для измерения электропроводности почвы представляет интерес датчик *EM38-MK2 компании «Geonics Limited»* (рис. 80), обеспечивающий возможность выделить почвенные контуры и оценить электропроводность почвы и магнитную восприимчивость в интервалах почвенных глубин 0,75 и 1,5 м без разрушения почвы и отбора образцов. Сбор данных поддерживается системой DAS70-AR или другим подходящим полевым компьютером, подключенным через последовательный кабель RS-232 или беспроводную технологию Bluetooth [160].

Рис. 80. Датчик EM38-MK2 компании «Geonics Limited»

2.1.14. Корея

Согласно рейтингу технологической развитости стран мира, Республика Корея 7 раз в течение последних десяти лет признавалась лидером инноваций по совокупности параметров, включая инвестиции в исследования и разработки, производственный потенциал и концентрацию высокотехнологичных государственных предприятий (издание Bloomberg). Страна активно разрабатывает и внедряет инновационные технологии в различных отраслях, в том числе в сельском хозяйстве, с целью сокращения производственных издержек, повышения качества выпускаемой продукции, решения проблемы загрязнения окружающей среды и предотвращения распространения заболеваний.

В 2019 г. Минсельхоз Кореи совместно с Управлением по развитию сельскохозяйственных районов и Службой лесного хозяйства предложил третий комплексный план развития науки и технологий в области сельского, лесного хозяйства и продовольственного сектора. Было выбрано 5 ключевых сфер исследований и 12 основных стратегически важных технологических областей. В частности, государство планирует уделить особое внимание таким направлениям, как расширение исследований «умных ферм» до концепции «умного фермерства» в разрезе отдельных категорий продукции, совершенствование производительности и применение технологий ИКТ для создания тематической платформы на основе массивов данных и искусственного интеллекта. Государство стремится развивать конвергентные технологии, например прогнозирование и оценку состояния посевов с помощью спутников, беспилотников и картирования почвы; содействие сокращению затрат труда посредством развития сельскохозяйственных роботов, автономных машин и оборудования, включая автономные тракторы.

В последнюю пятилетку в области растениеводства в республике особенную популярность приобрела концепция «умных ферм», которую специалисты считают драйвером будущего роста отрасли. В 2020 г. государственные инвестиции в данную отрасль составили 203 млн долл. Согласно плану развития науки и технологий в сельскохозяйственной отрасли, к 2024 г. планируется разработать 16

новых моделей умных ферм второго и третьего поколений, подлежащих коммерческому распространению, переоборудовать 70% современных тепличных комплексов в «умные» фермы, создать инновационную экосистему, основанную на технологии big data [30].

Совместный проект правительства столичного округа г. Сеул и сельскохозяйственной корпорации *«Farm 8 Metro Farm»* по размещению крытых вертикальных ферм задействовали неиспользуемые пространства на станциях метро города.

Подземная ферма, производя около 66 фунтов зелени в день, не зависит от почвы и солнечного света, но использует специальное светодиодное освещение, лотки для гидропоники и интеллектуальную цифровую сеть, контролирующую температуру, влажность, уровень CO_2 и интенсивность освещения [161].

За последние 40 лет стране удалось достичь значительных успехов в повышении общего уровня механизации фермерских хозяйств, при этом распространение технологий в отдельных отраслях разнится: если возделывание риса в Корее практически полностью механизировано, то аналогичные показатели в садоводстве несколько отстают.

В рамках политики развития индустрии сельскохозяйственного оборудования Минсельхоз Республики Корея ставит своими целями внедрение современных сельскохозяйственных и разработку «умных» машин, таких как автономные беспилотные тракторы, сельскохозяйственные роботы и дроны, которые могут заменить труд людей в сельском хозяйстве.

Кафедра сельскохозяйственной инженерии Департамента экологии сельского хозяйства Национального института сельскохозяйственных наук Кореи разрабатывает передовые технологии будущего для быстрого, удобного и стабильного производства сельскохозяйственной продукции путем цифровизации производственного процесса: углеродно-нейтральные технологии с использованием возобновляемых источников энергии для реагирования на изменение погоды и аномальные погодные условия, исследования по экологической оптимизации сельскохозяйственных объектов, послеуборочное управление качеством и др. Кроме того, кафедра разрабатывает технологии предотвращения сельскохозяйственных бед-

ствий, оказывает политическую поддержку посредством проведения исследований в области безопасности и охраны здоровья в сельском хозяйстве, а также подготовки статистических данных о несчастных случаях с целью повышения качества работ в сельском хозяйстве и уровня жизни в сельской местности [162].

Для оценки плодородия земель в республике ведутся активные исследования цифровых технологий, сенсорного оборудования для измерения электропроводимости, мониторинга урожайности и технологий картирования почвы. Например, создана система сбора данных на облачной платформе, позволяющая регистрировать позиционную информацию GPS вместе с показаниями сенсоров, устройств для отбора проб почвы, датчиков определения таких её свойств, как содержание органической части и воды, прочность, электропроводимость, а также датчиков роста растений – их высоты, покрытия листьями, содержания хлорофилла.

Компания «LS Tractor» (https://ls-traktor.ru/about/) – лидер на рынке тракторов Кореи. Модельный ряд от компактных до универсальных моделей мощностью от 18 до 150 л.с. поставляется более чем в 40 стран мира (США, Европа, Китай, Латинская Америка, Азия). Глобальная сеть по реализации машин этого бренда и их производству постоянно расширяется, включая США (продажа и сборка) и Бразилию (продажа и производство).

«LS Mtron» – группа семейства LG в Корее, ведущая компания в бизнесе машин и электронных компонентов. Является частью группы LS, 13-й бизнес-группы в Южной Корее с годовым объемом продаж более 30000 млн долл. и более 21 тыс. сотрудников по всему миру.

В 2019 г. компания «LS Mtron» предожила электронную систему рулевого управления и торможения для беспилотного трактора, представленного компанией «LGU». В 2021 г. в Национальном институте машиностроения и материаловедения была создана технология беспилотной рабочей среды на основе технологии виртуальной реальности, которая может использоваться для сельскохозяйственных тракторов и промышленных машин. Производитель электронных компонентов и промышленного оборудования компания «LS Mtron» способствует разработке самоуправляемых тракторов

и «умных» фермерских служб на основе данной технологии, позволяющей осуществлять дистанционное управление с помощью изображений с камер дальнего радиуса действия и одновременно управлять несколькими рабочими машинами на «умных» фермах и строительных площадках (обзор использования).

2.1.15. Австралия

В стране действует один из самых передовых государственных секторов в мире, в последнее десятилетие внедривший широкий спектр цифровых инициатив. Правительственные инициативы привели к разработке простых в использовании цифровых услуг, которые способствуют принятию эффективных политических решений и более быстрому оказанию услуг. Глобальное исследование ООН по электронному правительству ставит Австралию на второе место (после Дании) в мире по эффективности электронного правительства и доступности предоставления государственных услуг. В стране разработаны стратегическое видение, цели и принципы для развития цифровых платформ, обеспечив передовую практику цифрового преобразования – Стратегию цифровой трансформации (Digital Transformation Strategy) [163].

Процедура электронного межведомственного взаимодействия в Австралии четко регулируется. Чтобы помочь реализовать Стратегию цифровой трансформации, Агентство цифровой трансформации разработало Стратегию цифровых сервисных платформ для всего правительства (Whole-of-government Digital Service Platforms Strategy). Цифровые платформы включают в себя ряд технологий, позволяющих департаментам разрабатывать, обмениваться и подключать услуги, тестировать и эксплуатировать базовые системы. Стратегия предназначена для государственных департаментов и агентств, использующих платформы цифровых услуг на всех уровнях. Общегосударственные платформы по оказанию цифровых услуг предоставляют возможности, которые могут использоваться людьми и предприятиями [164].

Компания «*AgriDigital*» недавно опробовала технологию блокчейн для обеспечения прозрачности национальной цепочки поставок зерна. В системе блокчейн создается цифровой заголовок, про-

изводитель держит его до тех пор, пока не будет получен платеж от покупателя, после чего заголовок передается с указанием качества и количества товара, зарегистрированного в системе. В промежутках между этими событиями система также обрабатывает автоматическую оплату с использованием криптовалюты параллельно со стандартными банковскими методами. Обмен цифровой валюты и заголовка может быть произведен в режиме четыре транзакции в секунду. Платформа отслеживает также физические маршруты движения продукции, определяя ее подлинность посредством анализа данных, собранных в разных точках пути [165].

Университет Чарльза Стерта и исследовательский центр Food Agility в 2021 г. внедрили в производство первую полностью автономную ферму площадью 1,9 тыс. га стоимостью 20 млн долл. Комплекс оборудован дронами, роботизированными тракторами и сетью «умных» сенсоров, всем оборудованием управляет искусственный интеллект. Исследователи намерены внедрить современную систему кибернетической безопасности для борьбы с киберугрозами в пищевой промышленности [166].

Компания «Ripe Robotics» в 2022 г. приступила к коммерческим испытаниям нового автоматизированного робота Eve (рис. 81), который полностью заменит робота второго поколения Clive, способного собирать фрукты (яблоки и апельсины) с помощью всасывающей трубки [53]. Бункерный контейнер вмещает 380 кг яблок или 420 кг апельсинов.

Рис. 81. Автоматизированный робот Eve для сбора фруктов

В Сиднейском университете учеными разработан автономный робот для прополки грядок и уборки сорняков (рис. 82). Он поддерживает автономный и ручной режимы, а также «следование» (везет за установленной целью грузы). Колесную платформу приводят в движение четыре электродвигателя мощностью 110 Вт, питание робота – от аккумуляторной батареи, время режима работы без подзарядки – до 7 ч [53].

Рис. 82. Автономный робот для прополки грядок

2.1.16. Япония

В 2020 г. правительство выпустило «Основной план по продовольствию, развитию сельского хозяйства и поддержке сельских районов», где сформулированы ключевые направления и меры по развитию сельского хозяйства страны на ближайшие десять лет [167]. Среди основных мероприятий следует отметить реализацию стратегических программ содействия инновациям, финансовую поддержку инновационных разработок посредством стимулирования межсекторального взаимодействия, поддержку малых и средних инновационных компаний, привлечение к исследованиям и разработкам частных крупных корпораций.

«Программа создания стратегических инноваций». В контексте усиления инновационного развития страны было инициировано несколько крупных программ. Ключевой в направлении поддержки сельского хозяйства стала «Межминистерская программа создания стратегических инноваций» (SIP – Cross ministerial Strategic Innovation Promotion Program).

В 2018 г. Национальная научно-исследовательская организация сельского хозяйства и продовольствия Японии (NARO) создала исследовательский центр сельскохозяйственных информационных технологий с целью масштабного развития нового направ-

ления – «умного», или «интеллектуального» сельского хозяйства [168].

В перечень основных задач центра входят изучение и практическое применение технологии искусственного интеллекта в сельскохозяйственном секторе, эксплуатация цифровой платформы, содержащей сельскохозяйственные данные разных фермерств (WAGRI), подготовка цифровой инфраструктуры и поиск новых возможностей и сфер применения технологии искусственного интеллекта, включая анализ баз данных и суперкомпьютерные системы в сельском хозяйстве.

Платформа WAGRI задумана как огромный накопитель и распределитель информации, объединяющий в себе сельскохозяйственные данные со всей страны как государственного, так и частного сектора. [169]. Она собирает данные об используемых разными фермерствами удобрениях, пестицидах, размерах и качестве сельскохозяйственных угодий, климатических особенностях региона, изменениях погодных условий, типе и качестве почвы, разновидностях выращиваемых культур, их сортах и др. NARO, со своей стороны, размещает на платформе данные о проводимых тематических исследованиях и их результатах, почвенные карты, модели роста сельскохозяйственных культур, а кроме того, лицензировала некоторые алгоритмы для частных компаний, чтобы обеспечить их подключение к платформе, активно привлекает к сотрудничеству стартапы, крупные корпорации, университеты и государственные учреждения. Для частных компаний доступ к платформе платный, для университетов и госучреждений предусмотрены льготы. В целом, платформа WAGRI представляет собой огромную базу данных о фермерствах, расположенных по всей стране, организации их хозяйств, выращиваемых культурах и др.

Долгое время Япония пользовалась американской системой глобального позиционирования GPS. Однако из-за сложного гористого рельефа страны её использование оказалось недостаточно эффективным для сложных приложений, требующих высокой точности анализа рельефа (вплоть до сантиметров). Решение проблемы неточности в данных, собираемых с помощью американской системы, правительство возложило на Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA) [170].

Разработанная квази-зенитная спутниковая система (QZSS) несколько дополняет американскую GPS, но в отличие от американской, допускающей ошибки позиционирования до 10 м, обеспечивает точность позиционирования с погрешностью не более 1,3 см в горизонтальном направлении и не более 2,9 см в вертикальном [171]. Собственная система спутниковой навигации значительно расширяет возможности изучения большого региона Восточной Азии с гораздо меньшими затратами [172]. QZSS (Michibiki) работает как группировка из четырех спутников с ноября 2018 г., где три спутника постоянно видны из мест в регионе Азия-Океания. QZSS можно использовать интегрированно с GPS, обеспечивая достаточное количество спутников для стабильного и высокоточного позиционирования.

Развитие технологии интернета вещей в Японии, как и в других странах, позволяет проводить глубокий мониторинг исходных данных, создавать необходимые режимы микросреды в теплицах или на открытых полях для обеспечения оптимальных условий роста культур. Совместный проект SoftBank PS Solutions, CKD Corporation и Ericsson Japan [173] получил название E-KAKASHI (https://www.e-kakashi.com). Многочисленные датчики, установленные вокруг полей, размещенные в грунте, собирают информацию о температуре воздуха и почвы, влажности и содержании воды в ней, уровне CO_2 и интенсивности солнечного излучения. С помощью технологии облачных данных направляют полученную информацию на единую платформу для последующего анализа искусственным интеллектом. На основе результатов искусственный интеллект может включать или выключать разбрызгиватели воды и насосы жидких удобрений, тепловые насосы и генераторы CO_2, открывать или закрывать окна в тепличных помещениях, обеспечивая благоприятные условия роста, повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Многие технологические компании также занимаются разработкой аналогичных проектов платформ, предлагают практические решения для снижения нагрузки на фермеров, автоматизируя процессы с помощью технологии искусственного интеллекта и интернета вещей.

Облачный сервис с технологией искусственного интеллекта компании «Fujitsu Akisai» может использоваться на небольших предприятиях и в крупных хозяйствах. Системы служат не только для эф-

фективного повышения урожайности, но и прогнозирования периода сбора урожая, что необходимо для планирования производства, управления и сбыта продукции (рис. 83) [174].

Рис. 83. Структура облачного сервиса компании «Akisai»

Корпорация «OPTiM» является одним из крупнейших разработчиков цифровых платформ, поставщиком уникальных услуг управления производственными процессами с помощью технологии интернета вещей удаленно с различных устройств [175]. Реализует совместно с японскими университетами несколько крупных научно-исследовательских и опытно-конструкторских проектов.

Наиболее востребованные услуги и продукты корпорации:

- разработка специализированного программного обеспечения для безопасного удаленного управления хозяйством с мобильных устройств;
- продажа лицензий на программное обеспечение удаленной поддержки, которое широко используется крупными японскими операторами мобильной связи KDDI и NTT.

Кроме того, компания занимается разработкой цифровой платформы «OPTiM Cloud IoT OS», сочетающей в себе использование

технологии интернета вещей, специализированное программное обеспечение для распознавания фото- и видеоизображений в режиме реального времени с помощью технологии искусственного интеллекта для различных целей, приложений и областей, включая сельское хозяйство.

Для фермерских хозяйств корпораций OPTiM разработан небольшой аппарат, подобный марсоходу, который, перемещаясь в теплице, где выращивают огурцы и помидоры, делает снимки плодов, анализирует их с помощью специального алгоритма искусственного интеллекта и отправляет данные через облачные соединения фермеру с оповещением, какие плоды готовы для сбора, что значительно снижает нагрузку на фермеров.

Важной областью применения инновационных технологий в сельском хозяйстве является борьба с вредителями на урожайных полях. Автономные летательные аппараты проводят фото- и видеосъемку полей, отправляют в «облако» собранные данные для последующего анализа – искусственному интеллекту. С помощью детальных сопоставлений алгоритм распознает зоны, поврежденные насекомыми. На следующем этапе дроны направляются к пораженным участкам полей для обработки их специальными пестицидами. В результате снижаются количество используемых пестицидов и стоимость затрат на них, сокращается время обработки полей.

Лаборатория автомобильной робототехники «VeBots» [176], созданная на базе университета Хоккайдо, проводит исследования в области практического использования автономных наземных, водных и воздушных аппаратов; долгое время сотрудничала с компанией-производителем сельскохозяйственных роботов и бортовых компьютеров для автономных тракторов и зерноуборочных комбайнов. Кроме того, в лаборатории разработано программное обеспечение, позволяющее сделать беспилотные тракторы максимально безопасными для человека: в случае обнаружения препятствия роботизированные тракторы останавливаются. Еще одной распространенной проблемой при использовании крупной сельскохозяйственной техники является сильное уплотнение почвы машинами. Чтобы решить её, специалистами лаборатории разработана модель тракторов, работающих в паре, значительно меньших размеров и массы по срав-

нению с традиционными машинами, что значительно снижает давление на грунт.

Компания проводит также исследования в области беспилотного и автономного вождения с помощью машинного зрения и спутников позиционирования за счет использования высокоточной информации квазизенитного спутника «MICHIBIKI», который является японской версией GPS.

Компания «Case IH» совместно с «CNH Industrial» представила беспилотный трактор *Case IH Magnum* (рис. 84) для выполнения основных сельскохозяйственных работ.

Рис. 84. Беспилотный трактор Case IH Magnum

Беспилотник осуществляет дистанционный мониторинг предварительно запрограммированных операций. Бортовая система автоматически определяет размеры установленного сельскохозяйственного инструмента и наиболее эффективные пути выполнения задания. Трактор учитывает особенности местности, рельефа, расположение остальных машин на поле и другие факторы. Case IH Magnum оборудован лазерным радаром, радиолокаторами, бортовыми видеокамерами, что помогает сканировать обстановку, а при возникновении препятствий прекращать работу. Кроме того, он вовремя останавливается при потере сигнала GPS или других данных о местоположении. Оператор дистанционно контролирует работу трактора через компьютер или планшет в режиме реального времени, а также может настроить новые программы в работе [44].

Компанией «Nissan» изобретен *робот-утка The Aigamo* (рис. 85) – помощник при выращивании риса. Он должен заменить птиц для борьбы с сорняками и насекомыми на рисовых полях. В основе работы устройства – два вращающихся винта, поднимающих почву со дна, чтобы не допустить прорастания сорняков. Движение винтов способствует насыщению почвы кислородом.

Рис. 85. Робот-утка The Aigamo для борьбы с сорняками

В ближайшее время Министерство сельского хозяйства Японии введет правила, позволяющие полностью автоматизировать работу на полях, кроме дистанционного управления [177].

2.1.17. Израиль

В стране уделяется особое внимание развитию цифровых технологий в АПК. В международных рейтингах цифровизации Израиль стабильно занимает высокие позиции, например, в Глобальном инновационном индексе находится на 15 месте из 132 стран. Главной чертой развития цифровых технологий является междисциплинарный подход при решении проблем конкурентоспособности.

2021 г. в Израиле по праву считается «взрывным» – израильские стартапы собрали 25,6 млрд долл., было зарегистрировано 773 инвестиционные сделки (в 2020 г. – 604), включая 77 мега-раундов финансирования на сумму более 100 млн долл. (в 2020 г. – 20), среди них компания по кибербезопасности Claroty, стартап в области пищевых технологий Future Meat, финтех-стартап Melio, платформа управления платежами Papaya Global, а также фирма, занимающаяся интернетом вещей (IoT) «Wiliot» [178].

Digital Israel – государственная национальная инициатива, направленная на использование потенциала цифровой революции для развития информационных и коммуникационных технологий в це-

лях ускорения экономического роста, сокращения социально экономических разрывов и повышения эффективности [179].

Инновационные исследования проводит Исследовательский центр Вулкани, который включает в себя шесть научно-исследовательских институтов, каждый из которых специализируется в определенной области, начиная с растениеводства. Он занимается разработками для сельского хозяйства, в их числе – новейшие методы защиты растений от вредителей, исследования почвы и водных ресурсов, сельскохозяйственное машиностроение, сохранность урожая.

Инновационные технологии широко внедряются во все сферы АПК Израиля.

Приборы и оборудование для GPS (глобальная система навигации и определения положения) и ГИС (географические информационные системы) применяются для точного и сберегающего земледелия в целях сокращения трудовых и временных ресурсов и других затрат [180].

Компания «SupPlant» (Афул) входит в рейтинг 100 лучших изобретений 2021 г., представив датчик с поддержкой искусственного интеллекта. Размещаемый в почве и на растениях он на основе алгоритма, вычисляющего потребности растений, влажность почвы и погодно-климатические условия, точно информирует фермеров о том, когда и как нужно поливать. Изобретение используется фермерами в 14 странах. Испытания, проведенные в Мексике, показали, что оно способствует снижению потребления воды при выращивании манго на 15% и повышению урожайности на 20% [68].

Компания «AgriTask» (ScanTask, https://start.agritask.com/) разрабатывает программное обеспечение для сельского хозяйства, сотрудничает с крупными хозяйствами, кооперативами из сотен фермеров и агропромышленными компаниями более чем в 30 странах.

Agritask – комплексная платформа для сельскохозяйственных операций, разработанная для принятия решений на основе фактического анализа массива данных сельскохозяйственного предприятия. Для этого Agritask интегрирует широкий спектр агрономических технологий, инструментов и источников данных в один центр их обработки, который анализирует входящие данные, количественно оценивает риски и выдает предупреждения, рекомендации и прак-

тические выводы. Источниками данных являются датчики и оборудование, аэрофотоснимки, прогнозные сведения и др. Платформа обладает большими возможностями, но построена по модульному и гибкому принципу: учитывает потребности клиентов, развивается, способствует более эффективному использованию агротехнологий, обеспечивая их доступность через единую платформу [181].

Израильский стартап Fruit Spec привлек 5 млн долл. от SmartAgro, представив систему управления ранней оценкой урожайности плодовых деревьев, позволяющую очень точно прогнозировать производство фруктов в садах на относительно ранней стадии выращивания, что делает цепочку поставок более упорядоченной и эффективной. Система основана на гиперспектральной технологии, способной видеть и подсчитывать плоды в начале вегетационного периода. С помощью искусственного интеллекта информация, поступающая от гиперспектральных изображений, интегрируется с дополнительными данными, трансформируется в высокоточный прогноз [182].

Роботизированное средство Edete Artificial Pollination представила *компания «Edete Precision Technologies»* (2020 г.) (рис. 86). В основе решения – механическая система сбора пыльцы и роботизированная система опыления, способная выдавать оптимальную дозу пыльцы. Исследования проводилось в израильских садах миндаля. Разработчики утверждают, что решение может применяться также для опыления яблок, вишен, груш, слив, фисташек.

Рис. 86. Роботизированное средство Edete Artificial Pollination для опыления растений

Использование передовых технологий Израиля в садоводческой промышленности позволяет выращивать и продавать высококачественные фрукты спустя несколько дней после сбора. Современные системы охлаждения и хранения обеспечивают сохранность фрук-

тов в течение длительного времени. Инновационные технологии используются в системах охлаждения, сортировки, сбора и упаковки фруктов. Фруктовая отрасль стала ведущей в разработке и применении систем фитомониторинга, позволяющих достичь наивысшего качества в управлении, контроле и наблюдении за растениями, а главное – в процессе орошения и эффективного управления водными ресурсами, которые ограничены и являются основой жизнеспособности страны [30].

Рис. 87. Израильский робот компании «FFRobotics» для сбора яблок

Израильской *компанией «FFRobotics»* запущен в работу автоматизированный робот (рис. 87), который с помощью устройства «рук» способен отодвигать фрукт от листвы и веток, а трехпальцевым захватом захватывать его и сворачивать с ветки [53].

Рис. 88. Автономные дроны компании «Tevel Aerobotics» (источник: Tevel Aerobotics Technologies/ pixabay.com)

Компания «Tevel Aerobotics» представила автономные дроны (рис. 88) для сбора фруктов, включая яблоки, персики, нектарины, груши, сливы, цитрусовые, авокадо.

Идея разработки – иметь несколько автономных платформ. Каждая платформа FAR (Flying Autonomous Robots) состоит из модуля на колёсной базе и служит центром для шести дронов-уборщиков. Движется платформа вдоль рядов плодовых деревьев, квадрокоптеры соединяются с ней кабелем. База является источником электроэнергии для беспилотников.

Для навигации платформы руководствуются планом уборки урожая, определенным программным обеспечением для заказа и управления.

Используя бортовые камеры и «зрение» на основе алгоритмов искусственного интеллекта, дроны могут распознавать отдельные фрукты и другие объекты, оценить их размеры и зрелость, кроме того, могут избегать препятствия на пути к выбранному фрукту.

Для сбора коптеры используют роботизированные манипуляторы с мягким захватом. Применяя специальные стабилизационные алгоритмы, они собирают плоды и отправляют их в тару колёсной платформы. Наполненный контейнер автоматически заменяется новым. В отличие от других роботизированных средств роботы могут собирать фрукты даже ночью – пока позволяет заряд аккумуляторов базы. Данная технология обеспечивает сбор более 90% фруктов с деревьев с толстым или тонким стволом. Производители могут выращивать высокие деревья (на 20% выше), чтобы увеличить урожай.

После доставки и начала сбора фруктов в режиме реального времени система учитывает число собранных фруктов и время, которое предположительно понадобится для уборки всего урожая. Такой расчет времени позволяет сдавать машины в аренду нескольким заказчикам по очереди, составляя расписание буквально «на лету» [53].

2.1.18. Китай

Страна показала отличные результаты по темпам развития цифровизации и механизации сельского хозяйства: за последние пять лет рынок вырос в среднем на 13%, практически полностью обеспечив себя современным сельскохозяйственным оборудованием и техникой.

Государственная продовольственная и сельскохозяйственная политика Китая с конца XX в. рассматривала применение технологий как определяющий фактор государственной аграрной продовольственной политики, а в 2018 г. перешла к осуществлению национального плана развития сельского хозяйства посредством применения современных инноваций, цифровых и роботизированных технологий. Был провозглашен курс на модернизацию сельского хозяйства, внедрение регионального пилотного проекта в области технологий

точного земледелия на основе IoT, повышение уровня интеллектуальности и точности сельского хозяйства.

По показателям 2018 г. уровень всесторонней механизации возделывания и уборки урожая по стране превысил 67%, более 300 демонстрационных округов стали лидерами, достигнув практически полной механизации. Основное внимание было уделено 9 основным сельскохозяйственным культурам: пшенице, рису, кукурузе, картофелю, сое, рапсу, арахису, хлопку, сахарному тростнику и другим (зерновые, хлопок и масличные культуры). Сделан акцент на шесть основных звеньев автоматизации, включая выращивание, посадку, сбор урожая, сушку на производственном участке, эффективную защиту растений и обработку соломы. Показатели посева при использовании беспилотных машин по посадке риса превысили 48%, урожайность кукурузных – 70, картофельных культур – около 30%, увеличившись более чем на 2 пп. в годовом исчислении. Урожай рапса, посадка арахиса и механизация сбора урожая превысили 40% в годовом исчислении, а коэффициент сбора урожая в Северном Синьцзяне – 80%.

В районах производства сахарного тростника в Гуанси и других областях показатели также улучшились. В 2019 г. по сравнению с 2018 г. уборочная площадь увеличилась вдвое. В конце 2019 г. уровень комплексной механизации земледелия и сбора основных сельскохозяйственных культур Китая (пшеница, кукуруза, рис) достиг 69%. В стране насчитывается свыше 220 млн мелких домохозяйств с общей площадью обрабатываемых земель около 3,5 га, на долю которых приходится до 80% всех пахотных земель.

Уровень цифровизации сельского хозяйства Гуанси занял пятое место по стране согласно Индексу развития цифровой экономики Китая за 2020 г., опубликованному Китайским научно-исследовательским институтом развития информационной индустрии электроники, и обеспечивает полный доступ к информации для деревень и домашних хозяйств в сельской местности, построив 43800 информационных станций.

В Гуанси 465 интеллектуальных сельскохозяйственных парков и 30 различных облачных платформ для обработки больших данных.

Компания реализовала 65 масштабных проектов по выращиванию и разведению растений в отраслевой цепочке и выбрала 57 ключевых демонстрационных проектов на уровне автономных регионов для глубокой интеграции больших данных и сельского хозяйства. Местные цифровые сельскохозяйственные предприятия ускоряют свой рост, их роль в бенчмаркинге значительна [183].

Реализуемый Минсельхозом «План цифровизации сельского хозяйства и сельских районов до 2025 года» очень важен для совершенствования системы сбора сельскохозяйственной информации, формирования наземной комплексной системы мониторинга, внедрения новых облачных платформ обработки информации. Ожидается, что к 2025 г. удельный вес цифрового сельского хозяйства в общем объеме отрасли увеличится до 15% (2018 г. – 7,3%), розничный онлайн оборот сельскохозяйственной продукции – до 15% (9,8%), коэффициент распространения сети Интернет в деревнях – до 70% (38,4%).

Специалистами Министерства сельского хозяйства и сельских дел КНР в марте 2021 г. опубликован материал, где проведен анализ ситуации с внедрением цифровых технологий в сельское хозяйство и дан прогноз развития данной области до 2025 г. [30].

Например, идея создания китайской национальной региональной навигационной системы была предложена в 1983 г. Китайское национальное космическое управление определило следующий порядок развития системы Бэйдоу: 2000-2003 гг. – экспериментальная система Бэйдоу, состоящая из трёх спутников, 2012 г. – навигационная система для покрытия территории Китая и остальной Азии, 2020 г. – глобальная навигационная система.

Планируется, что новая глобальная спутниковая система навигации Бэйдоу будет состоять из 35 спутников, из них 5 будут находиться на геостационарной орбите, а 30 – на средних орбитах, полностью охватывающих Землю. Как и в других спутниковых системах, будут доступны два уровня позиционирования услуг – открытый и закрытый. Открытый вариант будет доступен по всему миру для обычных пользователей и, как утверждают разработчики, точность позиционирования составит до 10 м, а скорость – до 0,2 м/с.

После развертывания ОГ Beidou-3 система будет предоставлять глобальную базовую навигационную услугу, а также услугу широко-

зонной системы функционального дополнения, передачи коротких сообщений, высокоточной навигации, поиска и спасания [184].

В ряде регионов страны начата работа по сбору данных всей цепочки производства, переработки, транспортировки, складирования и продажи ряда сельхозкультур – сои, яблок, хлопка и др. В Гуанси-Чжуанском автономном районе с помощью национального спутника ДЗЗ «Гаофэнь» (разрешение аппаратуры менее 2 м), а также БПЛА проведена оценка состояния посевов сахарного тростника на площади 240 тыс. км^2. Было задействовано 20 наземных станций мониторинга и центр обработки информации, использующий программные средства извлечения полезной информации из фотоизображений. На завершающей стадии разработки находится интеллектуальная система управления возделыванием сахарного тростника, построенная в том числе с использованием ранее полученных данных.

В некоторых провинциях отмечается нарушение баланса плодородия почв из-за чрезмерного применения средств химизации. В связи с этим для повышения урожайности начали чередовать посевы сельскохозяйственных культур на полях в течение определенного времени с применением сидератов (клевер, люцерна, горчица, рапс, фацелия, дикая редька). Контрольно-измерительные приборы (измеритель кислотности почвы, датчик FDR, гигрометр и др.) служат для измерения показателей качества почвы, содержания в ней воды и воздуха, азота, фосфора, калия и др.

Общенациональная область продвижения технологий механизации на чайных полях, во фруктовых садах и овощных теплицах превысила 26 млн га, совокупный уровень механизации производства фруктов и овощей – почти 30%. В Чунцине, Хунани, Чжэцзян и других основных областях производства темпы автоматизации сельскохозяйственных угодий ускорились за счет применения новых беспилотных технологий [30].

С модернизацией сельского хозяйства в КНР рынок передовых устройств для фермеров переживает заметный подъем. Ожидается, что в 2023 г. показатель использования дронов в агропромышленном комплексе страны превысит 40%, а их продажи в денежном выражении достигнут 16 млрд юаней (2,4 млрд долл.) [44].

«DJI Innovations» (https://www.dji.com/ru/t30?site=brandsite&from=homepage) – известная во всём мире китайская компания (основана в 2006 г.) по производству мультикоптеров, микроконтроллеров и видеооборудования. Предлагает широкий модельный ряд продвинутых дронов, а также представляет беспилотную систему *Agras T20* – дрон пятого поколения с технологией ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) (рис. 89).

Рис. 89. Беспилотная система Agras T20 компании «DJI Innovations»

Agras T20 по многим параметрам превосходит предыдущую модель Agras T16 (в соответствии с названием беспилотник поставляется с 20-литровым баком) и имеет четыре подающих насоса и восемь впрыскивающих форсунок с возможной шириной захвата до 7 м (при высоте работы беспилотником не более 3 м от листовой поверхности). DJI использует на беспилотниках-опрыскивателях щелевые форсунки компании «Teejat». В обновленной модели убран предохранительный клапан на штангах для удобства в калибровке системы опрыскивания и увеличена емкость аккумулятора с 17500 до 18000 mAh.

Особые изменения претерпел пульт управления беспилотником. Новая мод. RM500-AG имеет полностью обновленный дизайн, оснащена модулем RTK для более точного определения позициони-

рования пульта при планировании ручного маршрутного задания. Внутренняя память на пульте увеличена с 16 до 32 GB.

Производитель изменил высокоточный радар определения высоты и препятствий. С горизонтального положения Agras T20 приняло вертикальное, что позволило снизить риски столкновения дрона и определять препятствия в горизонтальной плоскости на 360° против 50°.

Один беспилотник Agras T20 может обработать 40 га за 4 ч, его рабочая скорость 25 км/ч – на 8 км/ч больше, чем при обработке традиционным опрыскивателем. Благодаря высокой производительности и большим возможностям распыления он может автономно работать в разных ландшафтных условиях, в том числе на больших фермах, террасах и в садах (рис. 90) [185].

Рис. 90. Работа беспилотника Agras T20 на дисплее

Китайская компания «XAG» (основана в 2007 г.) занимается внедрением дронов, роботов, автопилотов в сельскохозяйственное производство, создает интеллектуальную экосистему сельского хозяйства 4.0, характеризующуюся автоматизацией, точностью и эффективностью [186].

Сельскохозяйственный дрон XAG V40 (рис. 91) служит для опрыскивания сельскохозяйственных культур. Представляет конструкцию бикоптера с изменяемым вектором тяги и двойным наклонным крылом, значительно превосходит летные характеристики и энергоэффективность в сравнении с другими БПЛА такой же мощности. По сравнению с традиционной схемой квадрокоптера схема бикоптера имеет более стабильный нисходящий поток, благодаря чему проникающая способность аэрозоля увеличена. Следуя принципу

аэродинамики, XAG V40 может использовать нисходящий поток на 100%, чтобы аэрозольные частицы лучше проникали в листья и растения, повысив эффект распыления более чем в 2 раза по сравнению с традиционными дронами, а также выполнять автономные операции на площади до 16 га/ч. Поскольку он поддерживает системы RealTerra, RevoSpray и RevoCast, его модульная конструкция позволяет быстро менять полезные нагрузки для решения различных задач. Пользователи могут гибко полагаться на одно устройство для создания карт полей HD, проведения прямого посева или борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур, затрачивая меньше ресурсов. Дрон оснащен камерой FRV для оператора.

Рис. 91. Дрон XAG V40 для опрыскивания полей

Для защиты растений методом воздушного опрыскивания компания представила беспилотную авиационную систему (БАС) *серии XAG P (P20, P30, P40)* (рис. 92).

Рис. 92. БАС для защиты растений серии XAG P

Беспилотники полностью оснащены автономным режимом работы пятого поколения SUPERX3 Pro RTK промышленного класса для точной навигации на сантиметровом уровне. Имеют 360-градусную систему всенаправленного радиолокационного восприятия и могут автоматически избегать потенциальные препятствия. Безопасность полетов дополнительно обеспечивается системами резервирования, прогнозированием неисправностей ИИ и др. Все сети 4G могут подключаться к сети XAG Cloud RTK. В пределах покрытия 4G для работы не требуется переносная база RTK [186].

Предварительно установив основные параметры полета и опрыскивания в приложении, система может свободно работать на равнине и холмах, в горах, лесах, фруктовых садах, равномерно и точно распыляя жидкость на требуемую культуру (рис. 93).

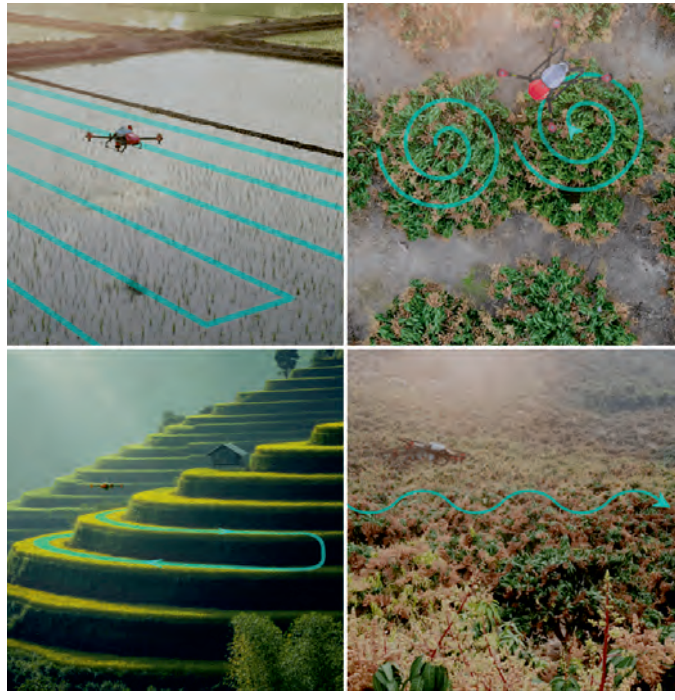


Рис. 93. БАС для защиты растений серии P – полностью оснащен автономным режимом работы пятого поколения

Мощная система сельскохозяйственной аналитики XAI в сочетании с географической информацией о сельскохозяйственных угодьях и картами предписаний позволяет фермерам производить распыл только там, где необходимо, обеспечивая качество сельскохозяйственной продукции и защиту окружающей среды, сократив использование пестицидов на 30% и сброс воды на 90%.

Капли микрона выталкиваются и выбрасываются из вращающегося распылительного диска, чтобы равномерно прилипнуть к поверхности сельскохозяйственных культур. Оптимизированный нисходящий поток от гребных винтов системы значительно снижает снос. Спектр и скорость потока распыляемых капель можно легко регулировать, контролируя частоту вращения распылительного диска и насоса, чтобы соответствовать требованиям к точности в сельском хозяйстве.

Благодаря более высокой скорости полета и бóльшему потоку опрыскивания эффективность работы беспилотной авиационной системы БАС может достигать 14 га/ч, что эквивалентно работе 100 сельскохозяйственных рабочих, причем один человек может одновременно управлять пятью беспилотными летательными аппаратами.

БАС отличается общей высокой структурной прочностью благодаря использованию передовых материалов и производственных технологий. Новаторская конструкция «Roll Cage» и инновационная структура «Tri-segment Impact Absorbing» значительно снижают риск повреждения кабины и основных компонентов, предотвращают загрязнение сельскохозяйственных угодий из-за случайного падения баков с химикатами или аккумуляторов, обеспечивают дополнительную эксплуатационную безопасность. Он водонепроницаем и безопасен для смыва, что гарантирует интегральный уровень защиты IP67.

Программа Smart Liquid Tank второго поколения подключается к БПЛА через Bluetooth для отображения количества оставшейся жидкости в режиме реального времени, точно рассчитывая расход без расходомера. Автоматическое заполнение безопасно и быстро. ALR5 Liquid Refiller автоматически и точно заправляет необходимое количество жидкости на основе данных облачного задания. Это

снижает риск химического воздействия, исключает прямой контакт между операторами и химическими веществами и экологически безопасно.

Новая интеллектуальная батарея B12620/B12800 для быстрой зарядки (25-30 мин) – 12-элементная литий-полимерная батарея высокой плотности емкостью 620/800 Вт·ч с функцией самобалансировки на базе интеллектуальной системы управления питанием XBMS. Самостоятельный подогрев в холодных условиях дополнительно обеспечивает безопасность работы.

Новый аккумулятор CEB4600 PowerBank имеет встроенную емкость 4600 Вт·ч, позволяет заряжать до восьми интеллектуальных аккумуляторов с помощью двух параллельных разъемов для быстрой зарядки. Тихий и экологически чистый, удобный и эффективный для переезда полностью заменяет традиционный генератор. Интеллектуальная система управления питанием XBMS обеспечивает защиту от многократного заряда.

Инновационная дополнительная конструкция ACB1 CommBack ниспровергает традицию использования UAS для защиты растений. Для выполнения автономных операций на заводе следует подключить ACB1 к смартфону и загрузить приложения для Android/iOS, чтобы использовать его.

Революционный ACS1 ControlStick расширяет границы беспилотных летательных аппаратов для защиты растений. Более простой интерфейс и несложная работа способствуют тому, что пользователи могут начать работать сразу после непродолжительного обучения.

Система полетной информации XAG (XFIS) представляет собой визуализированную платформу для информации о полетах и операциях. Поддерживает геозону, самопроверку запретной для полетов зоны и функцию удаленной блокировки в соответствии с требованиями безопасности гражданской авиации, предлагая простое решение для управления с полным отслеживанием записей операций членов команды, состояния обслуживания оборудования и др. [186].

Сельскохозяйственный дрон XAG P40 (рис. 94) – новый модернизированный, объединил функции опрыскивания, разбрасывания

и картографирования («три в одном»). Интеллектуальные, эффективные и гибкие автономные решения делают его лидером среди сельскохозяйственных дронов. Управляется с помощью мобильного приложения. Оснащен интеллектуальной системой управления SUPERX4, способен переключаться между тремя системами полезной нагрузки – XAG RealTerra, RevoSpray и RevoCast. Позволяет проводить автономное картографирование, точный посев, распыление и интеллектуальную трансляцию на сложных территориях. Обеспечивает многонаправленное обнаружение препятствий, точное их распознавание и обход.

Рис. 94. Дрон XAG P40

XAG P40 предназначен для небольших фермерских хозяйств. Используя систему RevoSpray с технологией роторного распыления, беспилотник несет на себе 20-литровый резервуар для жидкости, равномерно и точно покрывая 15 га земли за 1 ч. В режиме RevoCast вместе с 25-литровым баком эффективно доставляет за 1 ч 2,4 т удобрений или 1,6 т семян (риса). Пылеводонепроницаемый, имеет быстрый старт и простое управление. Вышеперечисленные функции существенно снижают себестоимость работ [186].

Многие проекты с применением сельскохозяйственных дронов XAG стартовали в Бразилии, Украине, России.

В 2019 г. в стране внедрено 27 тыс. сельскохозяйственных дронов XAG, также их приобрели фермеры 38 стран. На российский рынок компания «Skymec» представила агродроны XAG V40, P40, P100 [187].

Рис. 95. XAG R150

Беспилотный наземный автомобиль XAG R150 (рис. 95) предназначен для механизации сельскохозяйственных процессов в хозяйствах фермеров и аграриев (точная защита сельскохозяйственных культур, доставка материалов на ферму, полевая разведка) с разнообразным рельефом, имеет множество режимов работы и функций.

Универсальная сельскохозяйственная система позволяет работать на скорости до 5 км/ч с радиусом поворота 0,7 м. Номинальная нагрузка на агрегат – до 220 кг, время автономной работы при выполнении транспортных операций и грузовых работ – до 4 ч от двух батарей с защитой IP67 (для более длительного срока её службы) и водяным охлаждением, зарядка – в течение 15 мин. Автомобиль – модульной конструкции, оснащен полным приводом, с защитой от ударов и повреждений, влаги и пыли, имеет высокопроизводительный бесщеточный двигатель и электронную тормозную систему. Высота дорожного просвета шасси регулируется автоматически. Габаритные размеры машины: 1515×1090×965 см (без надстроек и модульных блоков). Можно устанавливать широкие и узкие колеса различных размеров, специализированные гусеницы или полозья для тяжелых условий эксплуатации.

Предусмотрены четыре режима управления: режим путевой точки (настройка параметров в мобильном приложении и включение автономной работы по заданному маршруту), режимы шаттла (запись рабочей траектории) и Follow-me (удерживая ручку управления одной рукой, автомобиль безопасно следует за своим оператором) и режим дистанционного управления (гибкое управление ладонью с помощью ручной ручки).

Имеет встроенную систему управления SUPERX3 Pro RTK – это высокоточная навигация RTK (автономное вождение с точностью до сантиметра), оптическое позиционирование (продолжает навигацию

без сигнала), управление мобильностью AI (интеллектуальное прогнозирование состояния дорог), передача в реальном времени (высокоскоростная сеть 4G +) [187].

XAG R150 (спрей-версия) выполняет точное опрыскивание, внесение органических и других вязких удобрений с максимальной производительностью до 0,5 га/ч (рис. 96а).

а *б*

Рис. 96. XAG R150: а – спрей-версия; б – версия доставки

Распыление осуществляется во всех направлениях. Автомобиль оснащен системой XAG JetSprayer™, облегчающей точечное распыление, и имеет охват 360°. Максимальная эффективность работы измеряется при условии непрерывной работы наземного автомобиля на равнинных полях со скоростью 1,2 м/с с шириной распыления 12 м. Комплектация предусматривает специальный резервуар или бак с рабочей жидкостью объемом 100 л и уникальное оборудование для регулирования плотности распыления с размером капель 60-200 мкм. Номинальный расход (двойной насос) – 4,8 л/мин [187].

XAG R150 (версия доставки) (рис. 96б) используется как автономный внутрихозяйственный транспорт грузоподъемностью 150 кг, также может доставлять производственные инструменты и материалы [187].

2.1.19. Королевство Таиланд

Страна является ключевым сельскохозяйственным центром в Юго-Восточной Азии, входит в десятку крупнейших мировых производителей таких культур, как рис, маниока, сахарный тростник,

пальмовое масло, кокос, натуральный каучук. Повышение уровня механизации в этом секторе делает его привлекательным местом для экспорта сельскохозяйственной техники.

Для устойчивого развития экономики во всех секторах, в том числе и сельском хозяйстве, правительство разработало 20-летнюю долгосрочную Национальную стратегию (2018-2037 гг.), в которой планируется улучшение цифровой и технологической инфраструктуры страны. План направлен на повышение потенциала и доходов фермеров в условиях жесткой рыночной конкуренции.

Таиланд – ведущий производитель сельскохозяйственной продукции, вступил в непрерывную технологическую трансформацию «умной фермы». Правительство отдает приоритет технологиям и опыту интеллектуального земледелия как важнейшим инструментам реструктуризации и переподготовки сельскохозяйственного сектора для повышения урожайности и снижения производственных затрат. Фермеры, применяющие эти технологии, известны как «умные фермеры» [188].

Концепция «умного фермера» является частью плана развития сельского хозяйства. Реализуется текущая программа «Молодой умный фермер», которая дает участникам знания в области управления фермой, предпринимательства и сельскохозяйственных технологий, включая инновации в области интернета вещей (IoT). При желании фермеры могут пройти краткий курс «Интегратор сельскохозяйственных систем» Национального агентства по развитию науки и технологий (NSTDA).

Благодаря государственной финансовой поддержке в последние годы Таиланд начал внедрять дроны, большие данные, интернет вещей, программное обеспечение и приложения, а также искусственный интеллект.

Ряд фермеров рассматривают дроны в основном как трудосберегающие устройства, используя их для посева, точной фертигации и опрыскивания химикатами.

Применяются дроны местного производства (Kaset Gen-Y, Novy и Bug Away Thailand) и импортные (DJI, Китай и SenseFly, Швейцария). Они продемонстрировали хорошие результаты по снижению затрат, особенно на удобрения, химикаты и рабочую силу [189].

Одним из новых стартапов по созданию изображений с помощью дронов является Sky Visual Imaging Venture (SkyVIV, https://www.skyviv.com/). Исключительно на основе серии мультиспектральных аэрофотоснимков с этого дрона может обнаруживать слабые места в посевах, анализируя цветовую палитру на каждой области поля, а также аномалии (болезни, сорняки, грибки). После обработки исходных снимков, снятых БПЛА, фермеры получают три типа базовых данных: ортофотоплан, цифровую модель местности и карту высот, а также карты вегетационных индексов.

Для составления сельскохозяйственных карт SkyVIV использует сверхлегкий дрон с неподвижным крылом производства швейцарской компании «SenseFly». Траектория полета прописывается в цифровом виде заранее, поэтому от человека требуется только поднять его в воздух, чтобы дрон разбежался, а затем приземлился. В зависимости от модели дроны могут летать 40-60 мин [190].

Операторы крупных фермерских хозяйств осваивают интеллектуальное сельское хозяйство, интегрируя Big Data, роботов и искусственный интеллект (AI).

Таиландские фермеры начали осваивать более «умные» теплицы, оснащенные усовершенствованными автоматизированными системами с сенсорным управлением. Национальным агентством по развитию науки и технологий (NSTDA) разработана система «умных теплиц» Handy Sense-TMEC, которую могут использовать не только сельские фермеры, но и городские жители с ограниченными посевными возможностями.

Объединение усилий с NSTDA для применения системы искусственного интеллекта IBM, спутникового дистанционного зондирования и усовершенствованной системы прогнозов погоды для максимизации урожайности сахарного тростника стало революционным шагом в направлении современной практики точного земледелия как для Mitr Phol Group (крупнейший производитель сахара и биоэнергии), так и всего сектора сельского хозяйства Таиланда.

Разработка программного обеспечения и приложений для сельскохозяйственного сектора – еще одно востребованное направление. Существует широкий спектр цифровых сельскохозяйственных по-

мощников: от простых приложений библиотеки знаний до комплексных услуг в области точного земледелия.

FAARMis – проект регистрации, который создает файлы цифровых данных о фермерах и полях. Система позволяет сотрудникам Министерства сельского хозяйства и кооперативов использовать планшетные устройства для сбора и записи данных о фермерах, их полях, выращиваемых культурах. С планшета данные переносятся в постоянную базу данных.

Проект зарегистрировал более 315 тыс. полей из 13 млн по стране. Собранная информация используется в качестве базы данных для участия в государственных программах, включая программу помощи при стихийных бедствиях и план помощи малоимущим. FAARMis участвует в принятии решений с такими программами, как What 2 Grow и Agri-Map, позволяющими фермерам получать доступ к знаниям и информации для развития своих полей [191].

Разработка программного обеспечения и приложений AgriTech – следующее процветающее направление в стране, работает с 15 различными культурами, включая рис, кукурузу, сахарный тростник, ананас, масличную пальму. В рамках подписки фермеры получают рекомендации от AgriTech по электронной почте или в текстовых сообщениях на основе анализа данных о состоянии почвы, например, какое поле нуждается в большем количестве азота или калия. Компания использует также цветовую кодировку спутниковой информации: красный цвет означает нехватку в почве азота, оранжевый – калия, желтый – знак хорошего состояния, зеленый информирует об отличном состоянии почвы. Помимо этого, компания дает рекомендации по улучшению качества почвы с использованием органических природных минералов и наноудобрений. Одновременно предоставляет данные предприятиям пищевой промышленности и дистрибьюторам, правительствам, банкам, инвестиционным фондам и неправительственным организациям. Зона покрытия AgriTech – 121 тыс. га в Индонезии, Малайзии, Таиланде, Филиппинах, Судане, Колумбии и США [30].

В современных условиях сбор и анализ больших данных, построение на их основе диагностической и предикативной аналитики – существенное требование по обеспечению конкурентоспособ-

ности производителя или его продукции. Основываясь на данных платформы *Ricult*, банки, предприятия пищевой промышленности и агробизнес принимают более обоснованные решения относительно прогнозов урожайности, профилирования рисков, кредитного рейтинга, оценки экстремальных погодных условий/наводнений и привлечения клиентов, что способствует повышению операционной эффективности (рис. 97) [192].

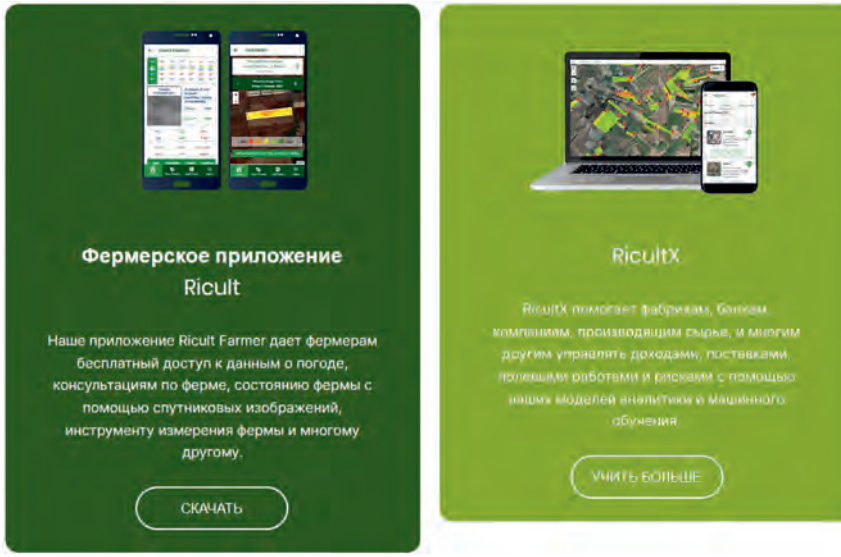


Рис. 97. Цифровая платформа Ricult

Существуют также специализированные приложения, например *Farmto* (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.farmto&hl=en_US&gl=US), напрямую соединяющие производителей органической продукции с конечными потребителями. Покупатели могут зарезервировать экологически чистые продукты и проследить за ними от фермы до стола, посетить ферму и принять участие в процессе выращивания/производства.

Финансовые услуги агробанков также доступны через цифровые платформы. Таиландский банк сельского хозяйства и сельскохозяйственных кооперативов (BAAC, https://www.baac.or.th/en/)

предлагает своим клиентам финансовые услуги, новости о продукции АПК, помогает повысить финансовую грамотность фермеров.

В 2021 г. телекоммуникационный оператор DTAC и сельскохозяйственная компания «Yara Thailand» запустили мобильное приложение Kaset Go, которое позволяет фермерам в режиме реального времени получать официальные данные, проверенные сельскохозяйственными экспертами: информацию о ценах на урожай, новости сельского хозяйства, рекомендации экспертов по выращиванию основных видов сельхозпродукции в Таиланде: риса, кукурузы, овощей, дуриана, мангустина, лонгана, цитрусовых, манго. В приложении имеются также разделы по вопросам сертификации ферм, логистики и маркетинга. Данные обновляются экспертами Департамента сельского хозяйства MOAC, Фонда Rak Ban Kerd и Yara Thailand. С момента работы Kaset Go приложение было скачано более 150 тыс. раз и привлекло более 100 тыс. зарегистрированных пользователей. Количество загрузок и пользователей растет в геометрической прогрессии, поэтому DTAC и Yara Thailand представили следующий этап разработки Kaset Go, который включает в себя информацию о еще 44 культурах и ключевых функциях (предупреждения о погоде и заболеваниях, сравнительный анализ рыночных цен, сельскохозяйственное оборудование, страхование и финансы) [193].

2.1.20. Индия

В стране стремительно внедряется широкий спектр цифровых решений, охватывающих все этапы производства сельхозпродукции. В соответствии с национальной программой Net Zero Export (Нулевой импорт) доля импорта должна стремиться к нулю.

«*AIRPIX*» (https://airpix.in/index.html) – ведущая компания по производству беспилотных летательных аппаратов в Индии. Это команда инженеров, пилотов дронов, экспертов по ГИС и разработчиков программного обеспечения. Ею разработано множество решений для дронов: от сбора данных с дронов, их обработки, анализа до разработки или интеграции веб-приложений и мобильных приложений. Системы включают в себя беспилотные летательные аппараты с не-

подвижным крылом, так и мультироторные БПЛА, несущие полезную нагрузку, такую как камеры с высоким разрешением, тепловизионные, с большим увеличением, датчики NIR и мультиспектральные. Компания предоставляет картографирование сельскохозяйственных ферм на основе съемки с помощью дронов. Профессиональные дроны с несколькими датчиками высокого разрешения отображают заданную территорию за короткое время, предоставляя информацию о посевах, росте культуры, аномалиях, ущербе, нанесенном посевам во время стихийных бедствий, и др. С использованием дронов проводятся съемка и картографирование, обработка данных фотограмметрии, создание 3D-моделей, ГИС и отчетов (автоматическое) (рис. 98). Веб-платформа управления этими данными помогает размещать, просматривать, обмениваться и совместно использовать их – это ортофото, контуры, ЦМР и видео с дронов, что необходимо компаниям и государственным органам в планировании инфраструктуры, мониторинге хода проектов и управлении критически важными активами [194].

Рис. 98. Картографирование земель сельскохозяйственного назначения

19 февраля 2022 г. в Индии состоялись крупнейшие коллективные учения по применению сельскохозяйственных дронов, произведенных стартапом Garuda Aerospace. Демонстрацию сельскохозяйственных операций в уникальных одновременных полетах премьер-министр страны назвал вехой для индийского сельского хозяйства.

Дроны могут работать, используя интеллектуальные интернет-технологии, выполнять точные операции: от опрыскивания до мониторинга состояния урожая. В ближайшие два года в стране будет произведено 100 тыс. дронов, а это новые рабочие места и возможности для молодежи.

По мнению аналитиков, дроны – эффективны и революционны, но для фермера дороги, поэтому в стране будут открыты центры их проката, которые получат специальное финансирование для предоставления сельскохозяйственных услуг – возмещение 40% базовой стоимости дронов и его навесного оборудования [195].

В сегменте растениеводства современные технологии базируются на «Электронной карте здоровья почвы» (ЭКЗП). В период планирования севооборотов она помогает подобрать культуры с учетом качества почвы и природно-климатических условий конкретного предприятия. При посеве синхронизируется с системой геопозиционирования техники, что позволяет использовать сеялки точного высева и машины для локального внесения удобрений с возможностью мониторинга посевов посредством систем дистанционного зондирования, беспилотной аэросъёмки с помощью дронов и спутников.

Агротехнические стартапы Reshamandi и FASAL разработали технологическую платформу внедрения точного земледелия для выращивания шелковицы. Это позволило фермерам сократить потребление воды почти в 2 раза и увеличить выход листьев тутового дерева на 40%. Листья, выращиваемые в основном в условиях орошения, предназначены для кормления тутового шелкопряда. Платформа использует солнечную энергию. Датчики влажности почвы, соединённые через оригинальный контроллер, передают информацию через интернет на головное устройство, который управляет системой полива растений. Для построения алгоритма работы головного устройства (компьютера) компанией используются данные многолетних наблюдений, полученные с ферм по выращиванию шелковицы. Технологическая платформа может также использоваться в работе информационно-консультационных служб для построения графиков полива полей (рис. 99) [196].

Рис. 99. Технологическая платформа внедрения точного земледелия для выращивания шелковицы

Индийским аграриям хорошо известны системы геопозиционирования, а электронная база учёта производственных показателей домашних животных получила широкое распространение. Фермеры располагают арсеналом новейших научно-технических достижений, включая последние разработки в сфере информационных технологий.

Несколько лет назад для фермеров было разработано мобильное приложение «Plantix» (https://plantix.net/en/) (рис. 100), позволяющее диагностировать заболевания и патологию растений, идентифицировать вредителей онлайн, сфотографировав объект на смартфон.

Программное обеспечение (ПО) интегрировано в Национальную платформу мониторинга сельскохозяйственных культур (НПМСК), созданную с целью отслеживания фитопатологии растений, очагов возникновения инфекций, путей распространения патогенов и насекомых на основе региональных и районных служб защиты растений Минсельхоза Индии по шести базовым культурам. Новое ПО позволило получить дополнительно 60 тыс. отчётов, описывающих около 650 различных заболеваний и насекомых, расширить возможности мониторинга фитопатологий до 30 видов растений, произрастающих лишь на территории страны, и 60 представителей флоры, распространенных по всему миру.

Новые технологии применяются в стране для модернизации цепочки сбыта сельхозпродукции с целью улучшения условий реализации товара, произведённого фермерами, в том числе устра-

нения множества посредников, негативно влияющих на ценообразование. В 2018 г. правительство официально объявило о начале работы системы электронных торгов (биржи) сельскохозяйственной продукцией, и индийские фермеры получили прямой доступ к ресурсам электронной платформы, что позволило им продавать свою продукцию конечному потребителю без посредников.

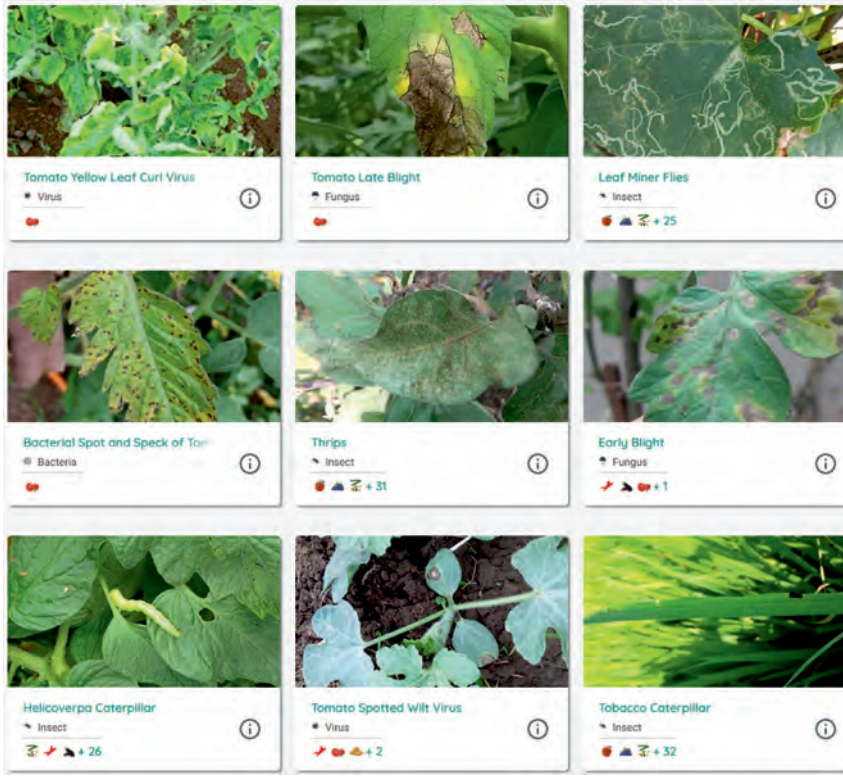


Рис. 100. Приложение Plantix

В 2019 г. индийская компания «SmartFarms Agritech» анонсировала идею создания специализированной электронной торговой пло-

щадки для фермеров, в 2020 г. проект получил своё воплощение и стал очень востребованным в условиях ограничений, связанных с короновирусной инфекцией [197].

В условиях пандемии арсенал индийских фермеров пополнился Мобильным приложением по аренде сельхозтехники и онлайн системой логистических услуг. На электронной платформе фермерам предлагается свыше 18 тыс. тракторов и 60 тыс. сельхозорудий. Для получения техники в аренду надо заполнить электронную заявку в онлайн, и оператор предложит возможные даты её бесплатной эксплуатации. Система логистических услуг создана на базе Uber и использует в работе с клиентами её принципы.

Западные компании активно продвигают свои разработки на рынок Индии, где широко используются зарубежные разработки автоматизированного управления стадом (Delmer, Bump Gates, Fullwood Packo и Lely) и кормлением (Godrej Agrovat, DeLaval, Dairy Margin Tracker и др.), интеллектуального управления фермой (Stellapps, Milc Group, My Dairy Dashboard и Nedap) и др.

Министерство сельского хозяйства отмечает, что индийские фермеры располагают арсеналом новейших научно-технических достижений, включая последние разработки в сфере информационных технологий, но не могут использовать их в полном объёме из-за дефицита квалифицированных кадров. В связи с этим повышение общеобразовательного уровня и квалификации фермеров было включено в число приоритетных задач развития сельского хозяйства страны до 2022 г. [114].

2.2. Страны ближнего зарубежья

Ряд показателей по странам ЕАЭС, основанных на данных международного индекса Network Readiness Index (далее – Индекс сетевой готовности) за 2020 г. [12, 69], формируемый Всемирным экономическим форумом, представлен на рис. 101.

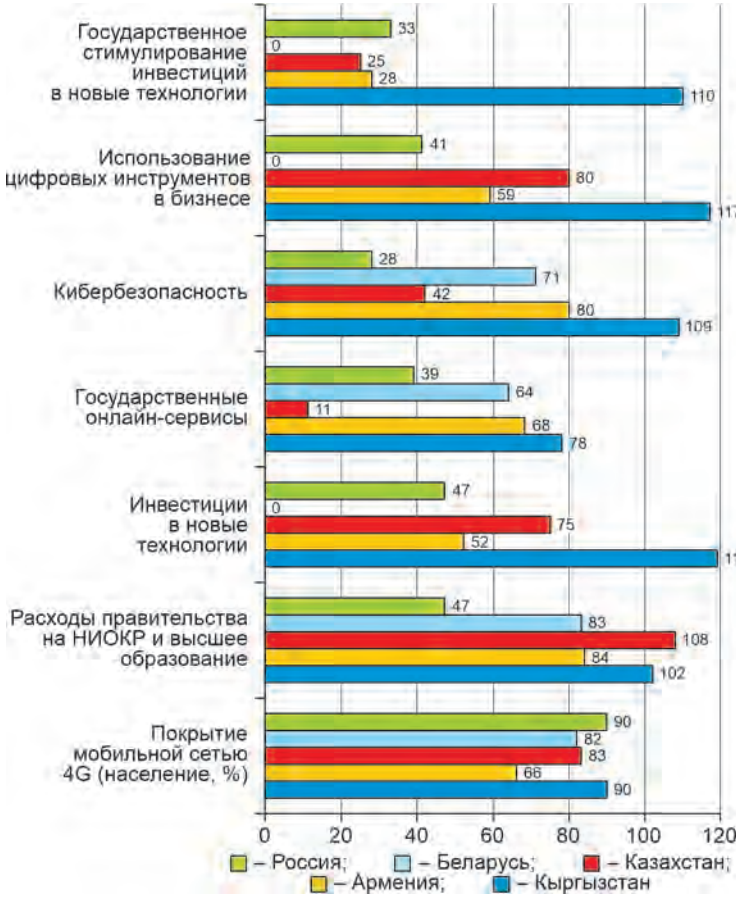


Рис. 101. Страны ЕАЭС в Индексе сетевой готовности за 2020 г. по отдельным критериям (место в мировом ретинге из 134 стран) – по некоторым критериям нет данных

2.1.21. Беларусь

Цифровая трансформация экономики – один из ключевых приоритетов развития страны.

В рамках Государственной программы «Аграрный бизнес на 2021-2025 годы» [198] реализуется ряд мероприятий по направле-

нию «Разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий в агропромышленном комплексе»:

1. Полное и профилактическое сопровождение программного обеспечения информационной системы «Мониторинг технического обслуживания энергонасыщенной сельскохозяйственной техники» на базе информационно-поисковой системы «Машснаб» (https://mtp.mshp.gov.by/).

Система помогает сельскохозяйственным, обслуживающим и вышестоящим организациям контролировать качество и своевременность проведения технического осмотра сельскохозяйственной техники. Бортовое электронное устройство при запуске двигателя фиксируют наработку и количество часов. Заводом-изготовителем регламентированы сроки проведения технического обслуживания.

2. Актуализация баз данных информационно-поисковой системы «Техсервис» (https://ips.mshp.gov.by/) и государственной информационной системы «Информационно-поисковая система по ветеринарным препаратам» (https://vetrf.ru/), включающей в себя полное и профилактическое сопровождение информационно-поисковой системы «Агроснаб».

Система «Техсервис» предназначена для поиска запасных частей и узлов к сельскохозяйственной технике, а система «Ветснаб» – для поиска ветеринарных препаратов. Обе помогают производителям сельскохозяйственной продукции оперативно находить необходимые запасные части к сельскохозяйственной технике и ветеринарные препараты.

3. Актуализация базы данных программного комплекса «Бухстат» (http://givc.by/services/sbor-obrabotka-analiz-otchetnosti-predpriyatiy-apk/pk-bukhstat/).

Комплекс направлен на получение, передачу, сбор, обработку, накопление, хранение данных бухгалтерских отчетов, включая формирование сводных бухгалтерских отчетов и отчетов для анализа данных предприятий и организаций, системы Минсельхозпрода; данных маркетинговой информации и мониторинга цен на основные виды сельскохозяйственной продукции; данных о деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств, а также ведомственной и статистической отчетности. Разработка аналитических материалов для проведения анализа производственно-финансовой деятельности предприятий и организаций системы Минсельхозпрода нацелена на

обеспечение сбора, обработки и хранение данных бухгалтерской и статистической отчетности сельскохозяйственных предприятий. В рамках выполнения мероприятия формируются также аналитические отчеты по вышеуказанным данным, которые используются комитетами по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов и структурными подразделениями Минсельхозпрода для финансово-экономических расчётов.

4. Полное и профилактическое сопровождение автоматизированной информационной системы «Гостехнадзор», которая обеспечивает сбор, накопление, обработку информации о государственной регистрации и государственном учете колесных тракторов, прицепов к ним и самоходных машин, о выданных удостоверениях тракториста-машиниста, а также зарегистрированных договорах залога, купли-продажи о проведении государственного технического осмотра. Ведется доработка указанной информационной системы в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24.04.2020 № 254 «О введении систем электронных паспортов».

На сайте Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (http://www.mshp.gov.by/links/d8eb7a488f1bdaa4.html) можно воспользоваться следующими электронными ресурсами: Информационно-поисковая система «Техсервис», Система идентификации, регистрации, прослеживаемости животных и продукции животного происхождения в Республике Беларусь, Информационная система «Племдело», Автоматизированная система «Мониторинг цен» и др.

С каждым годом все больше белорусских предприятий начинают выпуск техники, оснащенной элементами системы точного земледелия. Например, разбрасыватели минеральных удобрений (ОАО «Щучинский ремонтный завод»), тракторы «Беларус-3522» с бортовым компьютером управления и «Беларус-4522» с системой управления «Автопилот», опрыскиватели РОСА и ОВС-4224 с системой дифференцированного внесения КАС на основе карты поля, зерноуборочные комбайны КЗС-2124 с системой мониторинга урожайности.

Уровень развития технологий позволяет выпускать и эксплуатировать «умные» машины и оборудование, способные автоматически отслеживать выполнение технологического процесса. Положительный эффект может быть обеспечен только объединени-

ем их в систему машин и оборудования, работающую как единый программно-аппаратный комплекс.

В Лидском районе Гродненской области республики современное программное обеспечение помогает внедрять точное земледелие. В хозяйстве КСУП «Ваверка-Агро» запущена оцифровка полей. Руководитель хозяйства и специалисты по мобильной связи могут получать данные о влажности, погодных условиях, сроке вегетации растений на конкретных производственных участках, правильно организовать севообороты, изучать предшественников на полях.

На некоторые тракторы и другую технику в хозяйстве установили GPS-навигаторы. Запланирована покупка специальных систем навигации и связи, позволяющих точно вносить удобрения и средства защиты растений.

Стоимость и эффективность технологий точного земледелия можно определить по основным пилотным проектам. По отчетным данным, стоимость оцифровки поля – 0,6 евро в расчете на 1 га. При этом, по оценкам руководителя хозяйства, внедрение системы точного земледелия позволит до 40% уменьшить расход топлива и повысить урожайность за счет экономии удобрений. Система призвана ориентировать агрономов для выбора более подходящего участка для каждой конкретной сельскохозяйственной культуры.

В Глубокском государственном профессиональном лицее Витебской области открыт центр точного земледелия и подписан договор об открытии филиала кафедры сельскохозяйственных машин факультета механизации сельского хозяйства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Инициативу Глубокского районного исполнительного комитета по созданию центра поддержали Палата представителей Национального собрания и Министерство сельского хозяйства Республики Беларусь. Данный проект был реализован при поддержке ООО «Технологии земледелия» и компании «beCloud» – одного из ведущих поставщиков облачных решений, ИТ-инфраструктуры и хостинга в Беларуси. С 2021 г. преподаватели и учащиеся начали осваивать высокотехнологичную систему точного земледелия в сельскохозяйственном производстве.

28 сентября 2021 г. в китайско-белорусском индустриальном парке «Великий камень» состоялась регистрация первого субъекта

инновационной деятельности ООО «Кропфлит». Компания будет реализовывать инновационный проект по производству комплексов для внесения средств защиты растений дронами, развитию и глобальному масштабированию цифровой платформы «Cropfleet Farmmanager&marketplace», позволяющей собирать и анализировать данные для внедрения точного земледелия и беспилотных технологий в АПК. Данный стартап – экосистемный продукт цифровой трансформации АПК. Комплекс для внесения средств защиты растений и микроудобрений состоит из нескольких дронов-опрыскивателей и дрона, который оцифровывает поле, указывая препятствия на нем и его пределы. Цифровая платформа комплекса позволяет собирать всю информацию. Комплексы можно эффективно и выгодного использовать на площади в десятки гектаров, где требуется дорогостоящая сельскохозяйственная техника. Дроны по себестоимости гектарной обработки обходятся значительно дешевле. Один беспилотный летательный аппарат способен обрабатывать 10 га/ч, а за смену – 100 га. Начальный комплекс состоит из двух дронов. Они просты в обслуживании, поскольку основной статьей расхода является аккумулятор, который производит данный стартап. Дрон – белорусско-китайского производства. Проект делается для хозяйства под ключ, в частности, учитываются и запрещенные для полета зоны.

В сентябре 2021 г. специалисты по установке оборудования ООО «Технотон Трейд» и УО БГАТУ посетили ряд сельскохозяйственных организаций Солигорского, Воложинского и Молодечненского районов Минской области для диагностики работы компонентов ранее установленных систем мониторинга транспорта и контроля расхода топлива, а также использования систем точного земледелия. Результатом внедрения таких систем стал пересмотр норм расхода топлива на основных видах сельскохозяйственных работ.

На технику были установлены терминалы мониторинга GalileoSky с расходомерами топлива DFM. Во время эксплуатации оборудования выявлены существенные различия в данных по количеству топлива, списываемого по утвержденным нормам и фактически израсходованного. На погрузчиках с телескопической стрелой «Амкодор 540-70» и универсальном с телескопической стрелой «Амкодор 527», используемых на укладке льнотресты в шохи

льнозаводов, разница достигала более 20% (40 л/день фактически вместо 51 л/день по нормам). На тракторах МТЗ-1221, МТЗ-80 эта разница составила в среднем до 15% в зависимости от вида выполняемых работ. В частности, для МТЗ-80 более 15% – 5 кг/га вместо 6. Особое внимание было уделено установленным терминалам GalileoSky с интерфейсом данных автомобиля «MasterCAN CC» на МТЗ-3022, МТЗ-3522. В этих случаях измерение расхода топлива и других параметров двигателя (обороты, давление масла, температура) происходило напрямую с блока управления без подключения дополнительных датчиков уровня топлива или расходомеров. Норма расхода топлива на такой технике уменьшилась в среднем на 2,5 л/га (при общей средней норме расхода – 21,14 л/га), или, по данным экспериментов, более чем на 10% (11,82%).

Ожидаемая экономия затрат на производство продукции растениеводства в республике в результате внедрения рекомендуемых комплексов современных программных продуктов GPS-технологий: систем точного земледелия и систем мониторинга транспорта, контроля расхода топлива – 10-15%, удобрений – до 35%, ГСМ – до 30%. Расчетный срок окупаемости инвестиций не превышает одного года. Данные обстоятельства способствуют увеличению прибыли и повышению рентабельности отечественного растениеводства [199].

2.1.22. Казахстан

Развитие цифровых технологий в республике является одним из наиболее приоритетных направлений экономики, в том числе их развитие в сфере агропромышленного комплекса.

В стране действует обширный перечень информационных систем, затрагивающий разные сферы агропромышленного комплекса. Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 г. № 827 принята государственная программа «Цифровой Казахстан», одной из задач которой является цифровизация сельского хозяйства. Общая цель программы – ускорение темпов развития экономики республики и повышение уровня жизни населения за счет использования цифровых технологий в среднесрочной перспективе, а также создание условий для перехода экономики Казахстана на принципиально новую траекторию развития, обеспе-

чивающую создание цифровой экономики будущего в долгосрочной перспективе.

С 2018 г. в республике применяются технологии космического мониторинга, позволяющие собирать данные по сельскому, лесному и водному хозяйству, использованию почв, национальной безопасности и др. Сбор этих данных имеет решающее значение для мониторинга изменения климата, поддержки городского планирования и выявления случаев незаконной вырубки лесов. Помимо государственных учреждений, предоставляющих стимулы для цифровой трансформации, другие национальные субъекты также активно участвуют в создании основ цифровой экономики. В 2019 г. Назарбаев Университет создал фонд НИОКР в области искусственного интеллекта с целью ускорения исследований по смежным темам и привлечения в Казахстан специалистов в этой области [200].

Целевой индикатор развития цифровых технологий в сельском хозяйстве – рост производительности труда по секции «Сельское, лесное и рыбное хозяйство» к 2022 г. до 82% и объема экспорта продовольственных товаров до 69% (рис. 102) [201].

Рис. 102. Информационные системы в АПК РК

В рамках программы государство планирует внедрить следующие системы автоматического мониторинга состояния природных

ресурсов, племенного учета в животноводстве, анализа фитосанитарного и ветеринарного рисков:

1. *Система менеджмента «Точное земледелие»* позволяет фермерам в режиме реального времени отслеживать показатели посевов, влаги, питательных элементов, вредителей, вероятности осадков и др. Для внедрения «точного земледелия» в ряде фермерских хозяйств разработан пилотный проект с использованием элементов «точного земледелия», включая применение метеорологических станций. Производитель получает возможность принимать решение на основании массива данных, поступающего в режиме реального времени, о состоянии посевов, влаги, вероятности осадков, питательных элементов, вредителей и др. По итогам пилотного проекта определяется экономическая эффективность широкого применения «точного земледелия».

2. *Системы по племенному учету в животноводстве, надзору в области лесного хозяйства, охране, воспроизводству и использованию животного мира, «от фермы до прилавка»*. Автоматизация прослеживаемости сельскохозяйственной продукции позволяет осуществлять количественно-качественный учет и проследить весь жизненный цикл производства и происхождения агропромышленной продукции. Внедрение полного мониторинга при системе прослеживаемости позволяет также повысить стандарты качества сельскохозяйственной продукции, что мультипликативно влияет на привлекательность и конкурентоспособность казахстанской продукции на внешних рынках.

3. *Единая электронная торговая площадка для реализации продукции АПК* (e-Agrotrade) реализуется для электронной торговли между фермерами, оптово-распределительными центрами, торговыми сетями, рынками и стабилизационными продовольственными фондами.

4. *Проект «Национальная инфраструктура пространственных данных»* (далее – НИПД) предусматривает модернизацию государственной геодезической, нивелирной и гравиметрической сети; установление современной системы координат с применением спутниковых технологий; создание единой открытой цифровой картографической основы всей территории республики, в том числе городов и районных центров в новой системе координат, информационных систем «Государственное геодезическое обеспечение» и «Базовые пространственные данные». Реализация НИПД позволит устано-

вить современную государственную систему координат Казахстана (Qazaqstan Terrestrial Reference System, QTRS) взамен прежней СК-42 и обеспечить открытыми пространственными данными 100% территории республики [202].

Реализация цифрового Шелкового пути – одно из направлений развития высокоскоростной и защищенной инфраструктуры передачи, хранения и обработки данных и в ближайшей перспективе предполагает две инициативы, включающие в себя расширение покрытия сетей связи и усиление кибербезопасности. Согласно плану программы, реализацию направления можно считать успешной, если в 2022 г. будут достигнуты следующие результаты:

качественное, непрерывное обеспечение 4G-мобильной связью населения Казахстана;

повсеместный и высокоскоростной доступ частных лиц и компаний к глобальным сетям передачи данных;

работающая и развивающаяся система кибербезопасности на уровне страны в целом и каждого пользователя в частности, обеспеченная компетентными кадрами и современным оборудованием.

Государство прорабатывает вопросы поддержки внедрения лучших практик автоматизированных систем в сельскохозяйственном производстве.

Qoldau.kz (https://qoldau.kz/) – *цифровая платформа для бизнеса* (рис. 103), разработана для предоставления сельскохозяйственных субсидий, приема электронных заявок по таким направлениям государственной поддержки сельского хозяйства, как агрострахование, приобретение удобрений, пестицидов, семян и др. (на июль 2022 г. в ней зарегистрировано 259125 пользователей). Уже автоматизированы рассмотрение и принятие решений о выделении субсидий по заявкам на удешевление стоимости удобрений. Наряду со снижением административной нагрузки на сельхозтоваропроизводителей система способствует цифровизации сельского хозяйства посредством интеграции этой платформы с другими сервисами: электронные реестры заявок на субсидирование и получение мер государственной поддержки ДКБ; реестры держателей аграрных и зерновых расписок; страховые сервисы; цифровой мониторинг земель и спутниковый – инфраструктурных объектов, погодный сервис и др.

Рис. 103. Сервисы портала Qoldau.kz

Распределение льготного дизельного топлива на весеннеполевые и уборочные работы. Ресурс предназначен для информирования сельхозтоваропроизводителей о порядке распределения и закупки льготного дизельного топлива на проведение весенне-полевых и уборочных работ. Распределение квот и реализация льготного дизельного топлива производятся через веб-портал qoldau.kz путем внесения сведений по электронным картам полей.

Электронный реестр заявок на субсидирование АПК. Ресурс создан в целях автоматизации бизнес-процессов по финансированию получателей субсидий на безвозмездной и невозвратной основе. Доступ к данному информационному сервису предоставляется субъектам субсидирования на платной основе и при условии подписания ими пользовательского соглашения с использованием электронной цифровой подписи, выданной Национальным удостоверяющим центром Казахстана. Субсидирование осуществляется за счет бюджетных средств путем формирования электронных заявок на субсидирование АПК Казахстана, а также их предоставления, рассмотрения и принятия решения по ним.

Цифровой мониторинг земель «Supervision Technology». Раздел разработан в целях внедрения цифрового мониторинга и контроля за рациональным использованием земель сельскохозяйственного назначения. Доступ к сервису предоставляется сотрудникам отделов (управлений) земельных отношений или по контролю за использованием и охраной земель области, городам республиканского и областного значений, столицы, района на основании заявки.

*Спутниковый мониторинг инфраструктурных объектов. С*ервис предназначен для спутникового мониторинга инфраструктурных объектов.

Объединенный реестр объектов производства. Раздел предназначен для автоматизации бизнес-процессов по формированию и ведению Объединенного реестра учетных номеров объектов производства по выращиванию животных, заготовке (убой), хранению, переработке и реализации животных, продукции и сырья животного происхождения, а также организаций по производству, хранению и реализации ветеринарных препаратов, кормов и кормовых добавок. Цель ведения реестра – систематизация информации об объектах

производства, направленная на обеспечение здоровья животных, пищевой безопасности продукции и сырья животного происхождения, ветеринарно-санитарного благополучия территории, защиту населения от болезней, общих для животных и человека. Доступ к базам данных реестра предоставляется субъектам АПК, а также работникам Министерства сельского хозяйства и местных исполнительных органов при наличии у них электронной цифровой подписи, выданной Национальным удостоверяющим центром Казахстана.

Портал qoldau.kz (https://qoldau.kz/) – цифровая платформа для бизнеса. Включает в себя ряд 20 сервисов, в том числе электронные реестры заявок на субсидирование АПК (Subsidies) и получение мер государственной поддержки (Дорожная карта бизнеса (ДКБ); реестры держателей аграрных и зерновых расписок (Agribonds); страховые сервисы (AgroInsurace); сервис рекомендаций по точному земледелию (AgroConsultant); цифровой мониторинг земель (SuperVision Technoligy) и др. На июль 2022 г. зарегистрировано 260495 пользователей платформы, 326745 га застрахованной площади, доля оцифрованных пастбищ составила 84,7%.

2.1.23. Армения

В республике относительно благоприятные условия для развития цифровой экономики. По уровню развития широкополосной связи она опережает другие страны с сопоставимым уровнем социально-экономического развития [12].

Основные принципы развития и модернизации сельского хозяйства заложены в Национальной Стратегии Республики до 2030 года [203], основанной на семи принципах, среди которых – модернизация технологий: инвестиции в развитие цифровизации и картографирования в сельскохозяйственной отрасли (географические информационные системы, дроны), создание структуры по внедрению инновационных технологий и предоставлению цифровых услуг.

С целью повышения конкурентоспособности сельского хозяйства Армении в Стратегии указывается на необходимость расширения сферы внедрения современных технологий и их эффективного применения путем инвестиций в цифровые сельскохозяйственные инфраструктуры (например, реестр фермерских хозяйств, система ну-

мерации и учета животных, цифровизация деятельности министерства и консультационные системы). Технологическая модернизация (не цифровая) должна включать в себя внедрение инновационных технологий в разные сферы сельского хозяйства (например, современные противоградовые и оросительные системы, инновационные теплицы и послеуборочные технологии).

В Армавирском, Араратской и Арагацотнской областях на основе ортофотоплана проведены работы по картографированию виноградных насаждений, созданных по данным воздушной съемки на площади 28600 га, а также выявлению, разграничению и уточнению площадей, фактически уже имеющихся: идентифицированы и разграничены около 9911,5 га фактических виноградников. Сады представлены в виде около 15900 полигонов.

Для определения принадлежности виноградных насаждений сопоставлены границы земельных участков фактически имеющихся садов с границами кадастра недвижимости: выявлено около 52 тыс. кадастровых единиц недвижимости, фактически используемых в целях выращивания винограда. Этап картографических работ виноградных насаждений в вышеуказанных областях завершен, начались работы по сбору буквенно-цифровых данных о кадастре насаждений (совокупность буквенно-цифровых и географических данных), обрабатываемых фермерами.

С целью предварительного местоопределения имеющихся виноградников в Вайоцдзорской и Тавушской областях, расшифровки границ, координат и определения летных полигонов проведены разделение полигонов этих виноградников и их выделение, для чего использовались многоспектральные спутниковые изображения «Setinel-2» (спутник высокого разрешения с максимальным разрешением 10 м) для разных периодов времени. Определен спектр, характерный для виноградников. В результате многосезонного спектрального композитного анализа площадь выделенных летных полигонов составила 9800 га [69].

В республике разработана интегрированная информационная среда, объединяющая все электронные базы на онлайн-платформе. Web-портал позволяет оказывать ряд государственных услуг в режиме реального времени и предоставлять доступ к реестрам.

В рамках Стратегии устойчивого развития сельского хозяйства (Vision 2029) до 2029 года предполагается разработать централизованную электронную систему в области сельскохозяйственного сектора со следующими модулями: реестр фермеров; система подсчета и регистрации скота; базы данных – оцифрованных карт сельскохозяйственных земель и агрохимических исследований, технических и экономических показателей и стандартов в сельскохозяйственном секторе [204].

Фонд «Центр содействия инвестициям» (Enterprise Armenia) предложил реализацию проекта «Совместная подготовка условий в сельском хозяйстве и в смежных сферах Черноморского региона с целью цифровой трансформации (умное сельское хозяйство)» с 2021-2022 гг., финансируемого ЕС. Одним из основных результатов проекта является внедрение онлайн-платформы, позволяющей использовать цифровое сельское хозяйство в странах-партнерах проекта. Подобная платформа в Армении будет задействована впервые: обеспечит эффективные производственно-коммерческие отношения, обмен опытом, технологическое и деловое сотрудничество между бенефициарами, а также будет включать в себя обширную базу данных, где обобщены все исследования, проведенные в данной области, статистика и отраслевые указатели [205].

2.1.24. Кыргызстан

Одним из основных аспектов, определяющих будущее аграрного сектора республики, и элементов взаимовыгодного сотрудничества в интегрирующейся экономике является цифровизация.

В Кыргызстане действуют информационные системы по формированию данных: ИСЕО – возможность подачи в электронном виде заявки на получение сертификата соответствия, а также обеспечения доступа таможенным органам к ранее выданным документам, необходимым для таможенного оформления, и ЭЛЕК – обеспечение системы электронного слежения ветеринарных и фитосанитарных сертификатов, например Информационная система «Единого окна» Tulrap System (http://swis.trade.kg/).

Создан геоинформационный портал Кыргызской Республики, где размещены картографическая основа и система геодезического обеспечения. Интегрированы геопространственные и статистические

данные в статистических целях, включая статистический регистр, перепись населения и жилищного фонда, статистические карты, распространение статистической информации.

Разработана и внедрена автоматизированная информационная система «Экспертиза» для совершенствования механизмов учета, управления, обмена информацией и координации деятельности Департамента по экспертизе сельскохозяйственных культур с использованием цифровых инструментов и средств инновационных технологий:

- подача заявлений на проведение испытаний, экспертизы, лабораторных определений посевных качеств семян и посадочного материала, полевой инспекции;
- регистрация, учет и обработка заявлений на проведение испытаний новых сортов, экспертизы продовольственной пшеницы, лабораторных определений посевных качеств семян, посадочного материала и полевой инспекции посевов сельскохозяйственных культур;
- учет лабораторных испытаний, экспертизы, анализов семян сельскохозяйственных культур.

В данной информационной системе содержатся два реестра: «Банк генетических ресурсов растений» – предназначен для хранения информационных данных о генетическом разнообразии растений с целью эффективного управления генным банком посредством применения информационных технологий и «Семеноводческие хозяйства».

Создана автоматизированная информационная система «Регистрация, учет и обработка заявления на прохождение регистрации и сертификации ветеринарных лекарственных средств» для электронной регистрации, учета и обработки заявлений на прохождение регистрации и сертификации ветеринарных лекарственных средств, кормов и кормовых добавок.

Информационная система по воде (ИСВ) «Водопользование» – корпоративная система, предназначенная для лучшей организации, планирования и учета подачи поливной воды, необходимой для производства сельскохозяйственных культур. Используется в подразделениях Государственного агентства водных ресурсов различного уровня управления: районного (РУВХ), бассейнового (БУВХ) и Центрального аппарата [69].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения продовольственной независимости, повышения эффективности и конкурентоспособности российского АПК требуется внедрение в производство новейших научно-технологических достижений, в том числе на основе цифровых решений.

В ведомственном проекте «Цифровое сельское хозяйство» указано, что основной целью является цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях. Внедрение таких технологий, как моделирование и прогнозирование, искусственный интеллект, в том числе машинное обучение, компьютерное зрение, цифровые двойники, беспилотные летательные аппараты, сельскохозяйственная техника и робототехника, интернет вещей и другие, является ключевой целью «цифровой зрелости» в сфере сельского хозяйства.

Отечественный сельскохозяйственный сектор традиционно подвержен влиянию большого числа негативных факторов, отрицательно сказывающихся на общей производительности (неточность прогнозных данных, низкое качество почвы, ошибочные методы посадки и сбора урожая, неправильное орошение и др.), поэтому внедрение цифровых технологий позволит значительно снизить их влияние.

По прогнозным данным экспертов, развитие мировой экономики к 2025 г. перейдет к внедрению технологий цифровизации на 25%, позволяющих государству, бизнесу и обществу функционировать эффективно. Развитые страны, завершив индустриализацию, успешно модернизируют свою экономику, ускоренными темпами развивая инновационные технологии, где доминируют искусственный интеллект, автоматизация и цифровые платформы. Зарубежный опыт цифровизации представляет интерес для российских специалистов и сельхозтоваропроизводителей.

Считается, что добавленная стоимость продуктов, произведенных с использованием цифровых технологий, появляется за счет повышения точности управленческих решений и эффективности проведения сельскохозяйственных работ. Цифровые технологии позволяют контролировать полный цикл растениеводства или животноводства – «умные» устройства измеряют и передают параметры почвы, растений, микроклимата и др. Данные с датчиков, дронов и других технических средств анализируются специальными программами. Мобильные или онлайн-приложения приходят на помощь фермерам и агрономам, чтобы определить благоприятное время для посадки или сбора урожая, рассчитать схему удобрений, спрогнозировать урожай и др.

За рубежом активно используются технологии точного земледелия или отдельные их элементы. По оценке Агрофизического НИИ Санкт-Петербурга, в странах Евросоюза их применяют около 80% фермеров, в США – 60%. По прогнозам аналитической оценки компании «Goldman Sachs», совокупный рост производительности растениеводства за счет внедрения решений точного земледелия к 2050 г. может составить на 70% и принести 800 млрд долл. дополнительного дохода, рынок решений точного земледелия производителям и разработчикам принесет около 240 млрд долл. к 2050 г.

Фермеры многих развитых странах внедряют технологии точного земледелия с целью увеличения объемов урожая и снижения потерь сельскохозяйственной продукции.

Министерство сельского хозяйства США оценивает степень развития цифровизации точного земледелия в стране на 30-50%, в районах с активным земледелием – до 60-80%. Наиболее распространенными элементами цифровизации становятся компьютер с высокоскоростным доступом в интернет, анализ почвенных проб (98%), карты и мониторы урожайности, навигационные GPS-системы (~80%), технологии дифференцированного внесения (VR).

Широкое применение в сельском хозяйстве находят беспилотные летательные аппараты (БПЛА). В зависимости от решаемых задач они оснащаются мультиспектральными камерами (высокая чёткость изображения позволяет точно определять проблемные участки

поля), датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и др.

Согласно прогнозу Market Research Engine (MRE), к 2025 г. оборот на рынке роботов для АПК возрастет до рекордных 75 млрд долл., что в 7 раз превышает показатели 2020 г.

В последние годы фермеры начали активно использовать цифровые технологии для мониторинга сельскохозяйственных культур, домашнего скота и различных элементов сельскохозяйственного процесса. Одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности управления сельскохозяйственным производством является использование информационных систем на базе геоинформационных технологий, с помощью которых осуществляется дистанционный контроль за работой хозяйства (в On-line формате), а на основе получаемых отчетов анализируется эффективность вложений в производство.

Второй волной «зеленой революции» в достижении нового уровня развития цифровизации стал интернет вещей (Internet of Things, IoT), распространение которого в мировой практике возможно благодаря следующим технологическим трендам:

- снижение стоимости вычислительных мощностей (процессоры, память и система хранения данных) и передачи данных;
- развитие «облачных» технологий и «больших данных», благодаря чему становятся доступными гибкие системы хранения и анализа данных, несмотря на постоянное увеличение объема получаемой информации;
- увеличение числа «подключенных» устройств и др.

Применение интернета вещей в сельском хозяйстве позволяет сельхозтоваропроизводителям сократить расходы и повысить урожайность за счет использования датчиков на каждом этапе сельскохозяйственного процесса.

Благодаря объединению объектов в единую сеть, обмену и управлению данными на основе интернета вещей, возросшей производительной мощности компьютеров, развитию программного обеспечения и облачных платформ стало возможным автоматизировать максимальное количество сельскохозяйственных процессов за счет создания виртуальной (цифровой) модели всего цикла производства и взаимосвя-

занных звеньев цепочки создания стоимости и с математической точностью планировать график работ, принимать экстренные меры для предотвращения потерь в случае зафиксированной угрозы, просчитывать возможные урожайность, себестоимость производства и прибыль.

Примером цифрового решения по предоставлению подробной и локальной информации фермерам и агробизнесу, складывающейся на сельскохозяйственных угодьях, является платформа американской фирмой «aWhere». Она управляет глобальной средой агрономического моделирования, имеющей огромную мощность обработки данных, которые собираются с более чем 7 млрд точек каждый день, а используя предиктивное моделирование, обеспечивает наблюдение за состоянием полей и погодой, стадиями роста, а также отслеживает риски появления вредителей и болезней. Информационная платформа и инструменты aWhere позволяют принимать решения на основе анализа данных, что прежде не представлялось возможным.

В рамках исследования «Зонирование управления полями» предложено внедрение интернета вещей в области картофелеводства в целях разработки подробных карт почв и обеспечения автоматизации и связи между техникой. Пилотный проект направлен на достижение более высокой урожайности и качества при снижении производственных затрат за счет улучшения управления фермерским хозяйством, предназначен для небольших фермерских хозяйств площадью от 50 до 200 га.

ФАО разработаны приложения, базы данных и платформы для поддержки развития сельского хозяйства по всему миру. Эти цифровые сервисы расширяют доступ к полезным данным, информации, картам и статистике.

Учитывая процессы, происходящие в развитых зарубежных странах по технологизации сельскохозяйственного производства, для обеспечения конкурентоспособности на глобальных рынках российскому АПК необходимо ускоренными темпами повышать уровень цифровизации, используя новейшие достижения в информационных технологиях.

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы и предложения:

- в сельском хозяйстве развитых зарубежных стран широко используются инновационные технологии, в том числе цифровые платформенные решения, искусственный интеллект, интернет вещей, датчики контроля и сбора информации, автоматизированные системы, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), технологии точного земледелия, «умные теплицы» (в растениеводстве), «умные фермы» (в животноводстве) и др.;
- для повышения производительности труда в российском агропромышленном производстве и обеспечения продовольственной безопасности необходим технологический рывок на основе тотальной цифровизации;
- при разработке отечественных цифровых технологий и технических средств следует учитывать положительные конструктивные решения в зарубежных образцах и опыт их использования;
- надо шире пропагандировать внедрение информационных, в том числе цифровых, технологий в отечественном агропромышленном комплексе.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В., Войтюк В.А.** Цифровизация сельского хозяйства – залог успешного развития отрасли // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Донской ГТУ, Аграрный научный центр «Донской». – 2019. – С. 69-73.

2. Большая роботизация: начало [Электронный ресурс]. – URL: https://robotrends.ru/pub/2211/bolshaya-robotizaciya-nachalo (дата обращения: 23.03.2022).

3. **Войтюк В.А.** Перспективы развития цифровизации в отрасли растениеводства // Студенчество России: век XXI: матер. VII Всерос. молодежной науч.-практ. конф. – 2020. – С. 149-154.

4. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – URL: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf (дата обращения: 04.04.2020).

5. **Fedorov A.D., Kondratieva O.V., Slinko O.V.** Process of digital transformation of agrarian economy // Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). – 2020. – С. 164-169.

6. **Алексеева С.А.** Цифровая трансформация отраслей агропромышленного комплекса России / С.А. Алексеева, С.В. Баранова // Экономика, труд, управление в сельском хоз-ве. – 2022. – № 2 (84). – С. 12-19.

7. **Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В.** Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // Техника и оборуд. для села. – 2018. – № 9. – С. 43-48.

8. Гарант.ru [Электронный ресурс]. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403236609/ (дата обращения: 07.02.2022).

9. Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future [Электронный ресурс]. – URL: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264311992-en/index.html?itemId=/content/publication/9789264311992-en> (дата обращения: 19.03.2021).

10. Digital Factories 2020. Shaping the Future of Manufacturing [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

11. The Digitalisation of Science, Technology and Innovation [Электронный ресурс]. – URL: https://www.oecd-ilibrary.org//sites/629af843-en/index.html?itemId=/content/component/629af843-en#> (дата обращения: 24.03.2021).

12. Рейтинг стран по уровню сетевой готовности [Электронный ресурс]. – URL: https://nonews.co/directory/lists/countries/networked-readiness-index (дата обращения: 01.07.2022).

13. Рейтинг стран по уровню цифровизации АНО «Диалог», представленный впервые в рамках ВЭФ [Электронный ресурс]. – URL: https://ria.ru/20210903/tsifrovizatsiya-1748459672.html (дата обращения: 01.07.2022).

14. **Якимова О.Ю.** Цифровизация сельского хозяйства: опыт Европейского союза и России / О.Ю. Якимова // Контентус. – 2020. – № 1. – С. 18-25.

15. **Якимова О.Ю.** Единый цифровой рынок: опыт Европейского союза // Контентус. – 2018. – № 2 (67). – С. 38-45.

16. **Кондратьева О.В., Слинько О.В.** «Умное» растениеводство // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. матер. XV Междунар. науч.-практ. конф. – В 2 кн. – Барнаул, 2020. – С. 45-46.

17. Markets and Markets [Электронный ресурс]. – URL: https://www.marketsandmarkets.com/search.asp?search=agric (дата обращения: 10.06.2022).

18. ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82 (дата обращения: 04.04.2020).

19. **Мишуров Н.П., Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Воловиков С.А.** Зарубежный опыт распространения новых знаний в сельском хозяйстве // Техника и оборуд. для села. – 2021. – № 1 (283). – С. 38-43.

20. Промышленный интернет вещей в Европе, Японии и США – актуальное состояние [Электронный ресурс]. – URL: https://d-russia.ru/promyshlennyj-internet-veshhej-v-evrope-yaponii-i-ssha-aktualnoe-sostoyanie.html (дата обращения: 25.05.2022).

21. **Barykina Y.N.** and **Chernykh A.G.** 2021 The leasing development tools in the construction industry of the Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 751(1) 012133.

22. **Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Балабанов В.И.** Цифровые технологии и системы управления сельскохозяйственным производством: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 88 с.

23. Оторваться от земли: как агротех-стартапам выйти на международный рынок // Biz 360 [Электронный ресурс]. – URL: https://biz360.ru/materials/otorvatsya-ot-zemli-kak-agrotekh-startapam-vyyti-na-mezhdunarodnyy-rynok/ (дата обращения: 14.02.2022).

24. **Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Slinko O.V., Voytyuk V.A., Alekseeva S.A.** New solutions in the horticultural industry // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – С. 012103.

25. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. Доклад НИУ ВШЭ // Докл. к XXII Апр. Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. – Москва, 13-30 апреля 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высш. шк. экономики». – М.: Изд. дом Высш. шк. экономики, 2021. – 239 с.

26. Точное земледелие [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B5 (дата обращения: 24.05.2022).

27. **Скотников А.В., Клочков А.В.** Технологии точного земледелия в США [Электронный ресурс]. – URL: https://glavpahar.ru/articles/tehnologii-tochnogo-zemledeliya-v-ssha (дата обращения: 16.07.2021).

28. **Stucki T.** 2019 What hampers green product innovation: the effect of experience. Industry and Innovation 26 (10) 1242-1270.

29. **Сыздыков Б.Ш.** Интеграция сельского хозяйства в цифровую индустрию: зарубежный опыт и Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rusnauka.com/pdf/251762.pdf (дата обращения: 21.05.2022).

30. Обзор использования современных технологий в управлении сельскохозяйственным производством (подготовлен по материалам атташе по АПК при посольствах РФ). – 2021. – 224 с.

31. **Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольтяпин В.Я., Голубев И.Г.** Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.

32. **Максимова Е.** Precision farming для российских аграриев [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/28123-precision-farming-dlya-rossiyskikh-agrariev/ (дата обращения: 01.04.2022).

33. **Кондратьева О.В., Слинько О.В.** Цифровая трансформация – вектор в развитии отечественного АПК // Инновац. подходы образовательной деятельности в условиях цифровой трансформации отраслей АПК: матер. Всерос. (национальной) науч. конф. – Орел, 2022. – С. 16-20.

34. **Фомин Р.В.** Цифровые технологии в реальном секторе экономики современного региона: проблемы и перспективы / Р.В. Фомин // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2018. – № 4 (20). – С. 117-125.

35. **Щеголихина Т.А., Гольтяпин В.Я.** Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.

36. «Коперникус» – мониторинг Земли для каждого [Электронный ресурс]. – URL: https://www.it-world.ru/cionews/government/168667.html (дата обращения: 23.12.2021).

37. **Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Fedorenko V.F., Slinko O.V.** Using digital technologies in horticulture // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference «Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science». – 2021. – С. 032033.

38. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. / В.И. Балабанов, В.Ф. Федоренко, В.Я. Гольтяпин и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.

39. **Гольтяпин В.Я., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф.** и др. Цифровые технологии для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 88 с.

40. Беспилотники в сельском хозяйстве – контроль на дистанции [Электронный ресурс]. – URL: https://agbz.ru/articles/bespilotniki-v-selskom-hozyaystve---kontrol-na-distantsii/?sphrase_id=216943 (дата обращения: 10.06.2022).

41. **Жумагельды А.Т.** Об использовании беспилотных летающих аппаратов в сельском хозяйстве России // Науч. исслед. студентов в решении актуальных проблем АПК: матер. регион. науч.-практ. конф. – Иркутск: Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2017. – С. 415-420.

42. **Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И.** Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии // Фермер. Поволжье. – 2016. – № 7. – С. 34-37.

43. Дроны для высадки деревьев смогут посадить 100 000 деревьев в день [Электронный ресурс]. – URL: https://building-tech.org/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8/droni-dlya-visadky-derevev-smohut-posadyt-100-000-derevev-v-den (дата обращения: 05.07.2022).

44. Обзор цифровых технологий для агропромышленного комплекса: от ГИС до интернета вещей // INTEGRAL [Электронный ресурс]. – URL: https://integral-russia.ru/2020/07/30/tsifrovaya-platforma-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-kontseptsiya-i-osnovnye-tezisy/ (дата обращения: 14.02.2022).

45. ТОП новых сельскохозяйственных роботов 2020 года [Электронный ресурс]. – URL: http://belagrosnab.ru/system/.pdf (дата обращения: 07.07.2022).

46. Комплект автоматического вождения AutoTrac Universal 200 [Электронный ресурс]. – URL: http://belagrosnab.ru/system/.pdf (дата обращения: 07.07.2022).

47. Автоматические системы параллельного вождения [Электронный ресурс]. – URL: https://www.claas.ru/produktsiya/easy-2018/osnashchyeniye-sistem-parallelnogo-vozhdyeniya-na-bazye-gps/avtomatischyeskiye-sistemy?subject=KG_ru_RU (дата обращения: 07.07.2022).

48. Лидеры продаж. Автопилот AgGPS Autopilot system [Электронный ресурс]. – URL: https://agromonitoring.ru/best/avtopilot_aggps_autopilot_system_/ (дата обращения: 07.07.2022).

49. **Гольтяпин В.Я.** Роботы для полей: обзор интеллектуальной сельхозтехники // Агробизнестехника [Электронный ресурс]. – URL: https://agbztech.ru/article/robots-for-fields-review-of-intelligent-agricultural-equipment/ (дата обращения: 07.07.2022).

50. Трактор Case IH Magnum 340 [Электронный ресурс]. – URL: https://altair-ak.ru/traktor-case-ih-magnum-280-340/ (дата обращения: 07.07.2022).

51. Пути инноваций в сельском хозяйстве от LightWeeding [Электронный ресурс]. – URL: https://www.africanfarming.net/technology/machinery-equipment/farming-innovation-pathways-by-lightweeding (дата обращения: 07.07.2022).

52. Роботизированная платформа Forge™ [Электронный ресурс]. – URL: https://asirobots.com/platforms/forge/ (дата обращения: 07.07.2022).

53. Каталог автономных сельскохозяйственных роботов для работы в поле, в саду или теплице [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/robopedia/katalog-avtonomnyh-robotov-dlya-raboty-v-selskom-hozyaystve (дата обращения: 27.06.2022).

54. Латвийская Lumina от Weedbot: быстрая и точная лазерная прополка [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2225/latviyskaya-lumina-ot-weedbot-bystraya-i-tochnaya-lazernaya-propolka (дата обращения: 16.06.2022).

55. Автоматизированная система управления SteerCommand Z2 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agriexpo.ru/prod/ag-leader/product-168215-13902.html (дата обращения: 07.07.2022).

56. Геоинформационная система – инструмент для цифровой революции в сельском хозяйстве // Науч.-произв. компания-интеграл [Электронный ресурс]. – URL: https://integral-russia.ru/wp-content/uploads/2018/06/GIS-dlya-selskogo-hozyajstva.pdf (дата обращения: 14.02.2022).

57. Пять приложений интернета вещей в сельском хозяйстве – делаем сельское хозяйство умнее [Электронный ресурс]. – URL: https://www.biz4intellia.com/blog/5-applications-of-iot-in-agriculture/ (дата обращения: 25.05.2022).

58. Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации: доклад о развитии цифровой экономики. Междунар. банк реконструкции и развития, 2018, сентябрь, 176 с.

59. Лучшие регионы по индексу CONEAT [Электронный ресурс]. – URL: https://internationalwealth.info/offshore-investments-abroad/buy-land-uruguay-best-regions-coneat/ (дата обращения: 02.06.2022).

60. **Hengl, Tomislav, Jorge Mendes de Jesus** and others «SoilGrids: Global gridded soil information based on machine learning» PLoS One, 12 (2). http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0169748 (дата обращения: 02.06.2022).

61. **Folberth, Christian, Rastislav Skalský** and others «Uncertainty in soil data can outweigh climate impact signals in global crop yield simulations» Nature Communications 7:11872. June 21. https://www.nature.com/articles/ncomms11872.pdf (дата обращения: 02.06.2022).

62. Служба охраны природных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/geo/ (дата обращения: 07.06.2022).

63. **Столбовой В., Монтанерелла Л., Медведев В., Смеян И.** и др. Интеграция данных о почвах России, Белоруссии, Молдавии и Украины в почвенную географическую базу данных Европейского союза // Почвоведение. – 2001. – № 7. – С. 773-790.

64. **Войтюк В.А., Кондратьева О.В.** Внедрение цифровых технологий – отраслевой стандарт в развитии АПК // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: матер. Междунар. науч. конф. – Красноярск, 2020. – С. 58-62.

65. Как Agriconomie стала первым сайтом электронной коммерции, посвященным сельскому хозяйству во Франции? [Электронный ресурс]. – URL: https://famm-group.com/posts/how-agriconomie-became-the-first-e-commerce-site-dedicated-to-agriculture-in-france/?lang=en (дата обращения: 02.06.2022).

66. WeFarmUp: платформа, объединяющая сельскохозяйственное сообщество [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cocolabs.com/en/marketplace-examples/b2b-marketplace/wefarmup-the-worlds-largest-b2b-ecommerce-platform-to-connect-farmers/ (дата обращения: 02.06.2022).

67. Agriculture and food: the rise of digital platforms [Электронный ресурс]. – URL: http://parisinnovationreview.com/articles-en/agriculture-and-food-the-rise-of-digital-platforms (дата обращения: 06.06.2022).

68. ФАО. 2018. Руководство по стратегии электронного сельского хозяйства. Будапешт. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fao.org/3/I9515RU/i9515ru.pdf (дата обращения: 27.06.2022).

69. Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка, регулирование, практика [Электронный ресурс]. – URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka_-regulirovanie.pdf (дата обращения: 27.06.2022).

70. Интерактивная карта WaPOR [Электронный ресурс]. – URL: https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR_2/1 (дата обращения: 27.06.2022).

71. Официальный сайт FAO [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_1.jsp?lang=ru (дата обращения: 27.06.2022).

72. The declaration of cooperation on digital agriculture [Электронный ресурс]. – URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/declaration-cooperation-digital-agriculture (дата обращения: 27.06.2022).

73. Европейское агентство по космической программе EUSPA приступило к разработке новой версии европейской геостационарной службы навигационного покрытия EGNOS [Электронный ресурс]. – URL: https://www.glonass-iac.ru/news/news_gnss/3989/ (дата обращения: 27.06.2022).

74. Отчет с рекомендациями для «Горизонта Европы», «LAB – FAB – APP report. Investing in the European future we want» [Электронный ресурс]. – URL: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation_en (дата обращения: 27.05.2022).

75. Robotics for MIcrofarms [Электроннный ресурс]. – URL. https://cordis.europa.eu/project/id/773875 (дата обращения: 22.12.2021).

76. Clever Robots for Crops [Электронный ресурс]. – URL: http://www.crops-robots.eu/ (дата обращения: 23.12.2021).

77. **Кондратьева О.В., Федоров А.Д.** Отечественные роботизированные средства в садоводстве // Почвенные ресурсы и их рациональное использование: матер. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. Петра Семёновича Бугакова. – Красноярск, 2022. – С. 112-116.

78. **Слинько О.В., Кондратьева О.В.** Роботизированные средства в садоводстве // Теория и практика современной аграрной науки: сб. V национальной (Всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2022. – С. 615-618.

79. **Слинько О.В., Кондратьева О.В.** Цифровые технологии в садоводстве // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. ст. по матер. Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Курган, 2021. – С. 200-203.

80. **Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В.** Внедрение цифровых технологий в развитии садоводства // Информационные технологии, системы и приборы в АПК (АГРОИНФО-2021): матер. 8-й Междунар. науч.-практ. конф., 2021. – С. 354-357.

81. Как AI повышает урожайность полей [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/460129/ (дата обращения: 10.01.2022).

82. Цифровизация сельского хозяйства: опыт Европы // с.-х. обозрение. Ценовик [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tsenovik.ru/news/Novosti-APK/Nauka-Novye-tekhnologii/TSifrovizatsiya-selskogo-khozyaystva-opyt-Evropy/ (дата обращения: 20.06.2022).

83. Глобальный инновационный индекс 2021. 14-е изд. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/ru/wipo_pub_gii_2021_exec.pdf (дата обращения: 27.06.2022).

84. **Кондратьева О.В., Войтюк В.А.** Популяризация научных достижений и новых знаний в практику производства // От импортозамещения к экспортному потенциалу: науч.-инновац. обеспеч. развития экономики и кадрового потенциала АПК. – 2021. – С. 77-79.

85. Strengthening manufacturers, breeders and traders to ensure quality, Work smartly every day [Электронный ресурс]. – URL: https://gearboxinnovations.com/en/gearstation/ (дата обращения: 24.06.2022).

86. Дроны охотятся за вредителями в теплицах // APK NEWS. – № 39, ноябрь-декабрь. – 2021. – С. 33.

87. ISO Group [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iso-group.nl/en/sectors/vegetables (дата обращения: 24.06.2022).

88. **Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Fedorenko V.F., Slinko O.V.** // Using digital technologies in horticulture // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. – Сер. 3. – 2021. – С. 032033.

89. Robot One – робот для механической прополки родом из Нидерландов [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2224/robot-one-robot-dlya-mehanicheskoy-propolki-rodom-iz-niderlandov (дата обращения: 23.12.2021).

90. Компания OddBot [Электронный ресурс]. – URL: https://www.odd.bot/ (дата обращения: 23.12.2021).

91. Стартап «Sweeper Robot: автоматический уборщик урожая» [Электронный ресурс]. – URL: https://news.myseldon.com/ru/news/index/223265235 (дата обращения: 23.02.2022).

92. Kompano – голландский робот для подрезания листьев томатов [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2139/sistemy-grow-zaymutsya-avtonomnym-sborom-tomatov (дата обращения: 20.06.2022).

93. Компания Ridder добавляет робототехнику в свое портфолио в партнерстве с роботом-уборщиком MetoMotion GRoW [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2141/kompano---gollandskiy-robot-dlya-podrezaniya-listev-tomatov (дата обращения: 20.06.2022).

94. «Умное фермерство»: обзор ведущих производителей и технологий [Электронный ресурс]. – URL: https://geoline-tech.com/smartfarm/ (дата обращения: 16.06.2022).

95. Умные камеры с практическим видением [Электронный ресурс]. – URL: https://gearboxinnovations.com/en/vision-solutions/ (дата обращения: 24.06.2022).

96. Обзоры цифровой трансформации ОЭСР: цифровизация в Швеции [Электронный ресурс]. – URL: https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-reviews-of-digital-transformation-going-digital-in-sweden_9789264302259-en#page4 (дата обращения: 08.07.2022).

97. Золотая медаль за систему Väderstad SeedEye на «Агросалон 2020» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vaderstad.com/ru/o-kompanii/novosti-i-pressa/arhiv-novostey/2020/international/gold-medal-for-vaderstads-seedeye-system-at-agrosalon/ (дата обращения: 08.07.2022).

98. Открытие высокотехнологичной лаборатории Väderstad [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroinvestor.ru/business-pages/34451-otkrytie-vysokotekhnologichnoy-laboratorii-v-derstad/ (дата обращения: 08.07.2022).

99. Smart Agtech Sweden – один из кандидатов EDIH [Электронный ресурс]. – URL: https://nordictestbednetwork.se/2021/02/02/smart-agtech-sweden-one-of-the-edih-candidates/ (дата обращения: 08.07.2022).

100. Ученые объявили о разработке приложения для комплексной помощи аграриям [Электронный ресурс]. – URL: https://glavagronom.ru/news/uchenye-obyavili-o-razrabotke-prilozheniya-dlya-kompleksnoy-pomoshchi-agrariyam (дата обращения: 08.07.2022).

101. Профессиональные машины Energreen [Электронный ресурс]. – URL: https://energreen-rus.ru/ (дата обращения: 10.06.2022).

102. **Гусев А.С., Скворцов Е.А., Морозова Е.Д.** Изучение международной практики внедрения технологий точного земледелия на основе национальных программ развития аграрной сферы зарубежных стран // Russian Journal of Management. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 121-125.

103. Ваш спутник в мире геопространственных решений [Электронный ресурс]. – URL: https://innoter.com/ (дата обращения: 05.07.2022).

104. **Буланов К.А., Косогор С.Н., Моторин О.А.** «Индустрия-4» для фермы // Информ. бюл. Минсельхоза России. – № 3. – 2019. – С. 20-21.

105. Lemken представил автоматический плуг Juwel 8, оснащенный системой ISOBUS Turn Control Pro [Электронный ресурс]. – URL: https://ok.ru/autoforos/topic/66487217190257 (дата обращения: 05.07.2022).

106. Digifermes® [Электронный ресурс]. – URL: https://digifermes-com.translate.goog/index.html@p=8.html?_x_tr_sl=fr&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc (дата обращения: 05.07.2022).

107. Робот Wall-Ye V.I.N. проследит за виноградниками во Франции [Электронный ресурс]. – URL: https://www.infox.ru/news/221/99695-robot-wall-ye-vin-prosledit-za-vinogradnikami-vo-francii (дата обращения: 05.07.2022).

108. SentiV – французский агробот для точного земледелия [Электронный ресурс]. – URL: Режим доступа: http://robotrends.ru/pub/2223/sentiv---francuzskiy-agrobot-dlya-tochnogo-zemledeliya (дата обращения: 10.07.2022).

109. E-Tract – многоцелевая французская агроплатформа [Электронный ресурс]. – URL: Режим доступа: http://robotrends.ru/pub/2226/e-tract---mnogocelevaya-francuzskaya-agroplatforma (дата обращения: 10.06.2022).

110. Современные технологии сельскохозяйственной деятельности [Электронный ресурс]. – URL: Режим доступа: http://www.controlunion.ru/index.php/11-novosti/425-it-tekhnologii-v-selskom-khozyajstve (дата обращения: 10.06.2022).

111. The future of drones and precision agriculture in Italy [Элетронный ресурс]. – URL: https://www.pix4d.com/blog/variable-rate-application-research (дата обращения: 17.06.2022).

112. Evolution favors eyes that perceive the world in 3D [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pix4d.com/about-us (дата обращения: 17.06.2022).

113. Sistema Informativo Agricolo Nazionale [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sian.it/portale-sian/home.jsp (дата обращения: 09.06.2022).

114. **Меденников В.И., Райков А.Н.** Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России // Тенденции развития интернет- и цифровой экономики: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием – 2020. – С. 57-62.

115. Стратегия за цифровизация на земеделието и селските райони на Република България [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mzh.government.bg/media/filer_public/2019/05/10/strategia_za_cifrovizacia_na_zemedelieto.pdf (дата обращения: 25.04.2022).

116. AgroHab.bg – центр цифровых инноваций для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: https://agrohub.bg/?lang=en (дата обращения: 21.06.2022).

117. **Иванченко П.Г., Султанов И.И.** Система картирования урожайности и ее элементы при внедрении технологии точного земледелия // Вестн. Курганской ГСХА. – 2020. – № 1 (33). – С. 57-61.

118. USDA Strategic Plan. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/usda-strategic-plan-2018-2022.pdf (дата обращения: 25.04.2022).

119. Integrated production and automation systems for temperate fruit crops [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ars.usda.gov/research/project/?accnNo=436410 (дата обращения: 30.06.2022).

120. Using a robot for uv-c/dark treatments of field-grown strawberries for control of fungal diseases and arthropod pests [Электронный ресурс]. – URL: https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/0437367-using-a-robot-for-uv-cdark-treatments-of-field-grown-strawberries-for-control-of-fungal-diseases-and-arthropod-pests.html (дата обращения: 30.06.2022).

121. Визуальное обслуживание в сельскохозяйственной среде [Электронный ресурс]. – URL: https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/0434732-visual-servoing-in-agricultural-environments.html (дата обращения: 04.07.2022).

122. Precision integrated weed management in conventional and organic crop production systems [Электронный ресурс]. – URL: https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/0439415-precision-integrated-weed-management-in-conventional-and-organic-crop-production-systems.html (дата обращения: 04.07.2022).

123. Early-detection and monitoring of abiotic and biotic stress in production environments [Электронный ресурс]. – URL: https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/0431696-early-detection-and-monitoring-of-abiotic-and-biotic-stress-in-production-environments.html (дата обращения: 04.07.2022).

124. Development of a mass-rearing honey bee system under controlled conditions [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ars.usda.gov/research/projects/?slicetype=keyword&soiCode=3010 (дата обращения: 04.07.2022).

125. Improving maize and sorghum efficiency using grass diversity and computational modeling [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ars.usda.gov/research/project/?accnNo=438558 (дата обращения: 04.07.2022).

126. Робопроб и Trimble развивают системы точного земледелия // Perfect Agricullture. – 2021. – № 5 (107). – С. 62-63.

127. Digital soil mapping (DSM) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/geo/?cid=stelprdb1254424 (дата обращения: 04.07.2022).

128. Пробоотборник почвы [Электронный ресурс]. – URL: https://www.amitytech.com/ru/crop-management-tools/soil-samplers/ (дата обращения: 04.07.2022).

129. Можно ли устранить до 100 тысяч сорняков в час без химии и ручного труда? [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2115/mozhno-li-ustranit-do-100-tysyach-sornyakov-v-chas-bez-himii-i-uchastiya-cheloveka (дата обращения: 08.02.2022).

130. Калифорния готовится к нашествию автономных электротракторов [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2225/kaliforniya-gotovitsya-k-nashestviyu-avtonomnyh-elektrotraktorov (дата обращения: 08.07.2022).

131. Стартап FarmWise Labs создаст автономных роботов-овощеводов. Они смогут полоть сорняки и поливать посевы [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/2115/mozhno-li-ustranit-do-100-tysyach-sornyakov-v-chas-bez-himii-i-uchastiya-cheloveka (дата обращения: 08.06.2022).

132. Роботы и клубничка: как AI повышает урожайность полей [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/460129/ (дата обращения: 08.02.2022).

133. В США клубнику собирают сельскохозяйственные роботы [Электронный ресурс]. – URL: https://kiosksoft.ru/news/2019/04/25/v-ssha-klubniku-sobirayut-selskohozyajstvennye-roboty-71778 (дата обращения: 08.04.2022).

134. Фонд зеленых технологий Билла Гейтса делает ставку на сельскохозяйственных роботов из Силиконовой долины [Электронный ресурс]. –

URL: https://www.reuters.com/technology/bill-gates-green-tech-fund-bets-silicon-valley-farming-robots-2021-09-22/ (дата обращения: 08.06.2022).

135. Flourish Project. [Электронный ресурс]. – URL: http://flourish-project.eu/ (дата обращения: 10.01.2022).

136. Роверы [Электронный ресурс]. – URL: https://aerostream.pro/ru/product-category/accessories/%d1%80%d0%be%d0%b2%d0%b5%d1%80%d1%8b/ (дата обращения: 15.06.2022)

137. Сборка и эксплуатация комплекса Геоскан 401 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/products/tabs/401/manual/index.html (дата обращения: 15.06.2022).

138. Rigitrac komt met kleinere elektrische trekker [Электронный ресурс]. – URL: https://trekkeronline.nl/2020/11/rigitrac-komt-met-kleinere-elektrische-trekker/ (дата обращения: 15.06.2022).

139. 25 компаний, производящих робототехнику для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/robohunter/blog/379641/ (дата обращения: 08.02.2022).

140. Программное обеспечение Pix4D [Электронный ресурс]. – URL: https://sovzond.ru/products/software/uav_data_processing/pix4d/ (дата обращения: 05.07.2022).

141. European Commission, Strategy, Shaping Europe's digital future, Norway [Электронный ресурс]. – URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/norway (дата обращения: 04.07.2022).

142. N2 Applied снижает выбросы от производства продуктов питания и превращает органические отходы в эффективное удобрение [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/solutions/n2-applied-reduces-emissions-from-food-production-and-turns-organic-waste-into-an-effective-fertiliser/ (дата обращения: 04.07.2022).

143. Устойчивое сельское хозяйство и технология производства продуктов питания [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/stories/food-production/new-technology-will-make-norways-food-production-more-efficient/ (дата обращения: 04.07.2022).

144. Замена пестицидов паром и увеличение урожая [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/solutions/soil-steam-international-replacing-pesticides-with-steam-and-increasing-harvests/ (дата обращения: 04.07.2022).

145. Робот с полевым потоком [Электронный ресурс]. – URL: https://www.adigo.no/portfolio/field-flux-robot-2-2/?lang=en (дата обращения: 16.06.2022).

146. Робот для точного распыления [Электронный ресурс]. – URL: https://www.adigo.no/portfolio/precision_spraying_robot/?lang=en (дата обращения: 04.07.2022).

147. Инструменты цифрового земледелия [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/solutions/digital-farming-tools/ (дата обращения: 04.07.2022).

148. Создание лучшего продовольственного снабжения [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/solutions/farmforce-is-tackling-foods-first-mile/ (дата обращения: 04.07.2022).

149. Датчики орошения снижают потери воды на фермах [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/solutions/farmforce-is-tackling-foods-first-mile/ (дата обращения: 04.07.2022).

150. Мощные и клинически доказанные биоактивные морские пептиды [Электронный ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/solutions/bioactive-marine-peptides-from-prawn-shells-improve-blood-pressure-health/ (дата обращения: 04.07.2022).

151. Власти Великобритании опубликовали стратегию развития цифровых технологий [Электронный ресурс]. – URL: https://d-russia.ru/vlasti-velikobritanii-opublikovali-proekt-strategii-razvitiya-tsifrovyh-tehnologij.html (дата обращения: 25.04.2020).

152. Transforming food production: from farm to fork [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agri-tech-e.co.uk/transforming-food-production-from-farm-to-fork/ (дата обращения: 25.04.2020).

153. Первая в мире роботизированная ферма Hands Free Hectare вырастила урожай без участия людей [Электронный ресурс]. – URL: https://news.rambler.ru/other/38099562/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink]https://news.rambler.ru/other/38099562/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (дата обращения: 09.06.2022).

154. Сборщикам цветной капусты в Корнуолле помогут роботы [Электронный ресурс]. – URL: https://robotrends.ru/pub/1813/sborshikam-cvetnoy-kapusty-v-kornuolle-pomogut-roboty (дата обращения: 15.11.2021).

155. **Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В.** Робототехнические средства для садоводства и питомниководства // Инновац. разработки и цифровизация в АПК РФ: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию Татарского НИИАХП – обособленного структурного подразделе-

ния ФИЦ КазНЦ РАН и 75-летию Казанского науч. центра Рос. Акад. наук. – 2020. – С. 40-44.

156. **Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В.** Цифровые и информационные технологии (IOT) в садоводстве Perfect Agriculture. – 2021. – № 5 (107). – С. 12-18.

157. Three Canadian radar satellite are ready to launch from California // Spaceflight now [Электронный ресурс]. – URL: https://spaceflightnow.com/2019/06/11/three-canadian-radar-satellites-ready-for-launch-from-california/ (дата обращения: 21.06.2022).

158. Agricultural science and innovation [Электронный ресурс]. – URL: https://agriculture.canada.ca/en/agricultural-science-and-innovation (дата обращения: 20.06.2022).

159. Анализ почвы в реальном времени в полевых условиях [Электронный ресурс]. – URL: https://agriculture.canada.ca/en/agricultural-science-and-innovation (дата обращения: 20.06.2022).

160. EM38-MK2 [Электронный ресурс]. – URL: https://georeva.eu/en/produit/em38-mk2-conductivitimeter/ (дата обращения: 20.06.2022).

161. Сити-ферма в метро для получения зелени и улучшения воздуха подземки – опыт Южной Кореи [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroxxi.ru/sp/city-farmer/siti-ferma-v-metro-dlja-poluchenija-zeleni-i-uluchshenija-vozduha-podzemki-opyt-yuzhnoi-korei.html (дата обращения: 05.07.2022).

162. The Department of Ecology of Agriculture of the National Institute of Agricultural Sciences of Korea [Электронный ресурс]. – URL: http://www.naas.go.kr/english/research/dep7.do (дата обращения: 05.07.2022).

163. Digital Transformation Strategy [Электронный ресурс]. – URL: https://dta-www-drupal-20180130215411153400000001.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/s3fs-public/files/digital-transformation-strategy/digital-transformation-strategy.pdf (дата обращения: 27.06.2022).

164. Использование цифровых технологий в концепции открытого правительства за рубежом: Journal of Foreign Legislation and Comparative Law. – 2020. – № 4. – С. 67-79.

165. AgriDigital and CBH Group. Pilot Report- Solving for Supply Chain Inefficiencies and Risks with Blockchain in Agriculture [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agridigital.io/blockchain#pilot-report (дата обращения: 14.07.2022).

166. Как роботы-сборщики салата трансформируют сельское хозяйство на ферме без помощи рук [Электронный ресурс]. – URL: https://www.businessinsider.com/farming-agriculture-robotics-artificial-intelligence-smart-innovation-automation-food-production-2021-8 (дата обращения: 27.06.2022).

167. 食料・農業・農村基本計画 [Основной план по продовольствию, развитию сельского хозяйства и поддержке сельских районов]. Рамочный документ Министерства сельского, лесного и рыбного хозяйства. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/attach/pdf/index-13.pdf (дата обращения: 04.07.2022).

168. Establishment of a research center for integrating AI and big data infrastructure [Электронный ресурс]. – URL: https://www.naro.affrc.go.jp/english/topics/laboratory/naro/119620.html (дата обращения: 04.07.2022).

169. **Костюкова К.С.** Цифровизация сельского хозяйства в Японии // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2020. – Т. 11. – № 4. – С. 358-369.

170. What is the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)? [Электронный ресурс]. – URL: https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv02_why.html (дата обращения: 04.07.2022).

171. Sub-meter Level Augmentation Service (SLAS) [Электронный ресурс]. – URL: https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv05_slas.html (дата обращения: 21.06.2022).

172. Automating the Japanese Farm. JAXA [Электронный ресурс]. – URL: http://global.jaxa.jp/article/special/michibiki/noguchi_e.html (дата обращения: 21.06.2022).

173. CPS を実装した農業向けIoTソリューション「e-kakashi」の 第2世代サービスについて [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pssol.co.jp/news/20171011/?_=11 (дата обращения: 04.07.2022).

174. Fujitsu запускает новое облако Akisai для пищевой и сельскохозяйственной промышленности [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2012/0718-01.html (дата обращения: 04.07.2022).

175. 企業情報. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.optim.co.jp (дата обращения: 04.07.2022).

176. Лаборатория робототехники сельскохозяйственной школы Университета Хоккайдо [Электронный ресурс]. – URL: https://vebots-bpe-agr-hokudai-ac-jp.translate.goog/%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%86%85%E

5%AE%B9/?_x_tr_sl=ja&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc&_x_tr_sch=http (дата обращения: 05.07.2022).

177. Japan agriculture crunch – can AI-powered autonomous tractors help? [Электронный ресурс]. – URL: https://techwireasia.com/2020/10/japan-agriculture-crunch-can-ai-powered-autonomous-tractors-help/ (дата обращения: 04.07.2022).

178. Итоги «взрывного» 2021 года: весь мир вкладывается в израильские стартапы [Электронный ресурс]. – URL: https://vc.ru/tech/345819-itogi-vzryvnogo-2021-goda-ves-mir-vkladyvaetsya-v-izrailskie-startapy (дата обращения: 27.06.2022).

179. The Digital Israel National Initiative: The National Digital Program of the Government of Israel [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gov.il/BlobFolder/news/digital israel national plan/en/The%20National%20Digital%20Program%20of%20the%20Government%20of%20Israel.pdf (дата обращения: 27.06.2022).

180. Обзор «ИТ в национальных проектах». Опыт использования ИТ в агропромышленности Израиля [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cnews.ru/reviews/free/national2007/articles/agricultural.shtml (дата обращения: 27.06.2022).

181. В рейтинг «100 главных изобретений 2021 года» журнала Time вошли четыре израильских [Электронный ресурс]. – URL: https://stmegi.com/posts/93730/v-reyting-100-glavnykh-izobreteniy-2021-goda-zhurnala-time-voshli-chetyre-izrailskikh/ (дата обращения: 06.07.2022).

182. Стартап Fruit Spec [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fruit-spec.com (дата обращения: 19.07.2022).

183. **Москалев П.Э.** Зарубежные китайцы в истории Таиланда и Вьетнама в XX в.-начале XXI в. / Дис. … на соиск. канд. ист. наук. – 2021. – 411 с.

184. Глобальная навигационная спутниковая система Beidou [Электронный ресурс]. – URL: https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/beidou.php (дата обращения: 02.06.2022).

185. Премьера: умный агродрон DJI AGRAS T20 // Аграрная политика. – № 6 (39), июль, 2021. – С. 58-59.

186. Умные решения для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: https://www.xa.com (дата обращения: 02.02.2022).

187. Беспилотная техника XAG: кейс от агрономов // APK News. – 2020. – № 39. – С. 60-61.

188. Проект «Умный фермер» – создать устойчивость для страны [Электронный ресурс]. – URL: https://www.dtac.co.th/sustainability/en/project/Project-SmartFarmer (дата обращения: 30.06.2022).

189. Много возможностей для экспорта сельскохозяйственной техники в Таиланд [Электронный ресурс]. – URL: https://wedc.org/export/market-intelligence/posts/opportunities-abound-for-exporting-agricultural-machinery-to-thailand/ (дата обращения: 28.06.2022).

190. SkyVIV отправляется в полет, чтобы прогнозировать урожайность [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bangkokpost.com/business/1697180/skyviv-takes-flight-to-predict-crop-yields?fbclid=IwAR0PE6EHzB5venbkuEirpoP7Erhjspy-u76EpvLExi5t1auDHhWG2jSwyqw (дата обращения: 28.06.2022).

191. BIG-DATA BOOST для фермеров [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nationthailand.com/Startup_and_IT/30322224 (дата обращения: 30.06.2022).

192. Цифровое финансовое решение для фермеров [Электронный ресурс]. – URL: https://www.web.ricult.com/our-products (дата обращения: 30.06.2022).

193. DTAC и Yara запускают первую сеть цифрового сообщества для фермеров в Таиланде [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nationthailand.com/business/30398878 (дата обращения: 30.06.2022).

194. 5 стартапов, способных изменить рынок БЛА [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/pub/1649/5-startapov-sposobnyh-izmenit-rynok-bla (дата обращения: 09.06.2022).

195. Сотня агродронов совершила показательный полет над индийскими полями [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/sotnja-agrodronov-sovershila-pokazatelnyi-polet-nad-indiiskimi-poljami.html?from=feed&utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com (дата обращения: 09.06.2022).

196. Технологическая платформа для точного земледелия шелковицы // [Электронный ресурс]. – URL: https://www.thehindubusinessline.com/economy/agri-business/tech-platform-for-precision-farming-in-mulberry/article34783645.ece (дата обращения: 06.07.2022).

197. SmartFarms Agritech [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tofler.in/smartfarms-agritech-private-limited/company/U01820HR2019PTC078669 (дата обращения: 04.07.2022).

198. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 г. № 59 «О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы» [Электронный ресурс]. – URL: https://npa.gbzp.by/documents/C22100059/revisions/2021-10-29/c22100620?ysclid=l6ozd3xofy753228525 (дата обращения: 26.07.2022).

199. **Королевич Н.Г., Оганезов И.А.** Перспективы освоения точного земледелия в Республике Беларусь // Модернизация аграрн. образов.: по матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. (14 декабря 2021 г.). – Томск-Новосибирск: ИЦ Золотой колос, 2021. – 1344 с.

200. Релизация цифрового потенциала в Северной и Центральной Азии // United Nations Escap. – 2019. – 31 с.

201. Информация из доклада Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Цифровые достижения Казахстана в АПК и возможности интеграционного взаимодействия в рамках ЕАЭС. – Нур-Султан, 2018.

202. Началась разработка современной государственной системы координат Казахстана [Электронный ресурс]. – URL: https://profit.kz/news/61798/Nachalas-razrabotka-sovremennoj-gosudarstvennoj-sistemi-koordinat-Kazahstana/ (дата обращения: 28.06.2022).

203. Постановление Правительства Республики Армения от 19 декабря 2019 г. № 1886-Լ «Об утверждении стратегии основных направлений, обеспечивающих экономическое развитие сферы сельского хозяйства РА на 2020-2030 годы и об утверждении Программы и графика мероприятий на 2020-2022 годы, направленных на реализацию стратегии основных направлений, обеспечивающих экономическое развитие сферы сельского хозяйства РА на 2020-2030 годы» [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1660214913&tld=ru&lang=ru&name=Strategiya-skh-RA-2030.pdf&text=203 (дата обращения: 04.07.2022).

204. **Бородина О.Б., Гвоздева О.В., Синицина Ю.С.** Цифровое сельское хозяйство: настоящее и будущее (обзор международной практики // Московс. эконом. журн. – 2021. – № 4. – С. 155-162.

205. Центр содействия инвестициям подвел итоги первого этапа программы «Умное сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL: https://armenpress.am/rus/news/1046519 (дата обращения: 04.07.2022).

Приложение

Рейтинг стран по уровню сетевой готовности в 2021 г.

№ п/п	Страна	Технологическая составляющая	Человеческий фактор	Управленческий навык	Влияние	Итого
1	2	3	4	5	6	7
1	Нидерланды	81,74	75,18	90,23	81,10	82,06
2	Швеция	80,38	76,48	88,10	81,31	81,57
3	Дания	76,76	79,53	90,13	78,52	81,24
4	США	87,81	75,65	87,26	73,64	81,09
5	Финляндия	75,13	76,51	89,71	80,54	80,47
6	Швейцария	82,96	72,81	84,84	80,19	80,20
7	Сингапур	75,80	74,75	84,74	84,77	80,01
8	Германия	80,03	75,12	84,22	76,41	78,95
9	Норвегия	71,88	75,27	90,88	75,94	78,49
10	Великобритания	76,78	69,44	83,64	76,52	76,60
11	Канада	75,30	70,35	87,27	73,00	76,48
12	Южная Корея	67,53	80,63	80,69	73,38	75,56
13	Австралия	71,41	72,10	85,07	71,27	74,96
14	Франция	71,46	71,47	81,97	74,25	74,79
15	Австрия	70,66	73,29	80,43	73,12	74,37
16	Япония	70,81	73,20	77,71	73,97	73,92
17	Люксембург	74,40	67,02	82,52	71,22	73,79
18	Бельгия	69,55	67,11	80,06	73,55	72,57
19	Ирландия	70,37	59,63	78,21	80,82	72,26
20	Новая Зеландия	63,91	67,17	86,06	70,87	72,00
21	Эстония	62,46	63,67	85,44	74,92	71,62
22	Израиль	67,31	65,35	75,91	77,47	71,51
23	Испания	66,32	66,18	77,91	69,37	69,94
24	Чехия	64,23	58,76	76,78	72,67	68,11
25	Исландия	62,59	59,06	77,85	71,25	67,69
26	Словения	57,27	63,65	75,85	72,45	67,30
27	Мальта	61,70	60,40	73,42	69,67	66,30
28	Италия	62,47	61,72	74,28	66,54	66,25
29	Китай	57,27	66,48	63,98	74,77	65,62
30	Литва	52,94	62,16	79,03	67,15	65,32
31	Португалия	59,36	60,38	73,59	67,48	65,20

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7
32	Гонконг	73,29	59,89	72,77	53,69	64,91
33	Польша	56,80	56,41	76,26	67,86	64,33
34	ОАЭ	61,83	62,98	68,56	62,32	63,92
35	Словакия	54,72	53,08	74,49	67,49	62,45
36	Латвия	52,66	52,57	76,13	67,28	62,16
37	Венгрия	57,00	55,54	69,68	66,34	62,14
38	Малайзия	56,01	57,20	68,47	63,35	61,26
39	Кипр	49,14	55,98	72,37	66,87	61,09
40	Саудовская Аравия	59,73	61,73	64,87	54,60	60,23
41	Хорватия	45,40	54,70	70,41	62,63	58,29
42	Катар	56,91	46,94	70,60	56,88	57,83
43	Россия	53,71	58,80	59,97	58,49	57,74
44	Чили	49,01	57,22	65,78	55,56	56,89
45	Турция	50,98	60,22	63,16	53,17	56,88
46	Греция	49,15	57,12	64,22	56,06	56,64
47	Румыния	51,22	52,01	59,93	62,98	56,54
48	Оман	46,40	49,97	68,32	60,83	56,38
49	Уругвай	51,99	54,97	60,45	58,09	56,38
50	Болгария	48,20	53,13	63,61	59,72	56,17
51	Бахрейн	50,82	48,58	63,93	61,05	56,09
52	Бразилия	49,08	57,35	62,89	54,12	55,86
53	Украина	49,20	54,29	58,93	60,40	55,70
54	Таиланд	51,04	50,89	60,98	58,33	55,31
55	Кувейт	47,04	51,36	55,93	64,10	54,61
56	Коста-Рика	48,56	45,05	59,72	61,89	53,81
57	Сербия	42,68	51,35	61,64	58,73	53,60
58	Аргентина	44,92	56,45	56,15	54,15	52,92
59	Мексика	45,24	53,45	54,65	56,95	52,57
60	Армения	47,19	54,30	52,60	55,97	52,51
61	Казахстан	43,11	51,54	57,25	56,79	52,17
62	Черногория	51,12	47,51	55,86	50,18	51,17
63	Вьетнам	46,15	44,26	52,59	61,30	51,08
64	Северная Македония	38,14	45,97	56,92	61,48	50,63
65	Колумбия	44,42	49,11	54,11	54,58	50,55
66	Индонезия	50,07	44,69	55,02	51,70	50,37
67	Индия	49,24	45,96	48,71	55,07	49,74

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7
68	Грузия	40,84	48,32	55,74	51,48	49,10
69	Молдова	37,07	45,92	55,31	58,00	49,07
70	ЮАР	45,59	46,42	61,25	42,25	48,88
71	Маврикий	40,06	41,72	58,18	53,40	48,34
72	Иордания	40,24	49,22	52,07	51,02	48,14
73	Перу	37,71	51,13	48,51	54,48	47,96
74	Ямайка	41,70	35,65	54,82	59,62	47,95
75	Панама	47,61	42,51	48,37	52,56	47,76
76	Азербайджан	45,93	45,19	47,24	51,90	47,56
77	Египет	42,49	45,54	46,86	55,36	47,56
78	Шри-Ланка	41,80	42,56	50,99	52,40	46,94
79	Иран	42,84	46,00	51,99	44,34	46,29
80	Албания	38,40	50,17	45,68	50,04	46,07
81	Марокко	43,06	41,54	44,84	54,80	46,06
82	Доминикана	32,19	48,63	55,66	44,83	45,33
83	Филиппины	32,87	43,53	46,21	58,45	45,27
84	Кения	38,79	43,01	57,25	41,66	45,18
85	Тринидад и Тобаго	37,38	43,07	50,98	47,76	44,80
86	Босния и Герцеговина	39,67	39,58	50,43	49,17	44,71
87	Тунис	39,24	45,46	44,15	48,48	44,33
88	Парагвай	31,71	43,00	50,57	48,15	43,36
89	Монголия	35,20	38,49	52,28	46,87	43,21
90	Эквадор	37,59	40,52	43,46	49,40	42,74
91	Кабо-Верде	38,85	37,69	47,26	45,52	42,33
92	Киргизия	28,60	39,76	45,76	54,75	42,22
93	Ливан	41,57	50,40	35,51	41,15	42,16
94	Боливия	29,49	50,42	37,08	47,31	41,08
95	Бангладеш	33,82	34,54	46,04	49,31	40,93
96	Гана	31,30	36,80	52,48	42,87	40,86
97	Пакистан	41,86	34,19	37,66	47,30	40,25
98	Сальвадор	29,35	38,03	41,45	51,72	40,14
99	Сенегал	33,57	32,54	46,99	44,81	39,48
100	Алжир	36,88	40,61	35,20	43,02	38,93
101	Руанда	29,03	34,94	47,58	43,03	38,65
102	Ботсвана	36,25	36,24	42,07	37,58	38,03

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7
103	Нигерия	31,90	40,01	39,4	38,74	37,51
104	Гондурас	29,02	36,94	41,44	42,06	37,37
105	Гватемала	31,42	30,59	38,32	49,10	37,35
106	Камбоджа	32,62	32,62	34,17	46,14	36,39
107	Танзания	29,01	28,03	48,55	37,74	35,83
108	Кот-д'Ивуар	27,94	27,62	45,17	42,05	35,69
109	Намибия	30,91	35,43	39,85	36,43	35,66
110	Лаос	35,68	35,88	25,42	45,57	35,64
111	Таджикистан	23,43	26,48	35,05	53,25	34,55
112	Замбия	25,08	33,93	43,61	33,12	33,93
113	Гамбия	32,96	25,22	37,09	39,47	33,68
114	Камерун	25,77	32,50	33,32	39,46	32,76
115	Непал	21,10	30,61	36,62	41,12	32,36
116	Уганда	22,55	24,88	45,70	32,90	31,51
117	Буркина-Фасо	18,17	31,25	36,59	36,15	30,54
118	Мали	25,00	22,36	35,97	38,28	30,40
119	Малави	18,32	26,98	36,53	34,19	29,00
120	Мадагаскар	21,43	26,78	35,25	31,75	28,80
121	Эсватини	23,36	31,22	44591	30,44	28,76
122	Зимбабве	25,08	30,32	35,28	24,27	28,74
123	Лесото	24,94	25,37	38,24	25,70	28,56
124	Гвинея	24,37	25,30	29,90	34,43	28,50
125	Мозамбик	21,93	25,68	31,71	26,86	26,55
126	Ангола	19,81	28,46	32,20	23,48	25,99
127	Эфиопия	18,97	19,87	22,60	38,15	24,90
128	Бурунди	18,86	23,37	20,85	26,85	22,48
129	ДР Конго	15,36	26,13	20,84	26,92	22,31
130	Чад	14,61	16,61	25,06	31,13	21,85

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЗА РУБЕЖОМ 7
1.1. Точное земледелие....15
1.2. Беспилотные летательные аппараты 19
1.3. Сельскохозяйственные роботы 22
1.4. Информационные системы на базе геоинформационных технологий 31
1.5. Интернет вещей....37
1.6. Участие ФАО в цифровизации сельского хозяйства....46

2. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 50
2.1. Страны дальнего зарубежья 50
2.1.1. Европейский союз....50
2.1.2. Нидерланды....55
2.1.3. Швеция....68
2.1.4. Дания....71
2.1.5. Германия 76
2.1.6. Франция 84
2.1.7. Италия....91
2.1.8. Республика Болгария 96
2.1.9. Соединенные Штаты Америки....98
2.1.10. Швейцария....114
2.1.11. Норвегия 122
2.1.12. Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии 128
2.1.13. Канада 131
2.1.14. Корея 138
2.1.15. Австралия 141
2.1.16. Япония....143
2.1.17. Израиль 149
2.1.18. Китай....153
2.1.19. Королевство Таиланд....165
2.1.20. Индия 170

2.2. Страны ближнего зарубежья 175
2.1.21. Беларусь 176
2.1.22. Казахстан 181
2.1.23. Армения 187
2.1.24. Кыргызстан 189

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 191

ЛИТЕРАТУРА 196

Приложение 216

Николай Петрович Мишуров,
Ольга Вячеславовна Кондратьева,
Владимир Яковлевич Гольтяпин,
Анатолий Дмитриевич Федоров,
Олеся Викторовна Слинько,
Вячеслав Александрович Войтюк,
Олег Алексеевич Моторин
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Вячеслав Филиппович Федоренко
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);
Евгений Владимирович Труфляк
(ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ);
Светлана Андреевна Алексеева
(Федеральный научный центр аграрной экономики
и социального развития сельских территорий –
Всероссийский научно-исследовательский институт экономики
сельского хозяйства)

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аналитический обзор

Редактор *В.И. Сидорова*
Обложка художника *Т.Н. Лапшиной*
Компьютерная верстка *А.Г. Шалгинских*
Корректор *В.А. Белова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 09.09.2022 Формат 60×84/16
Печать офсетная Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печ. л. 14 Тираж 500 экз. Изд. заказ 69 Тип. заказ 190

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, Московская обл., г.о. Пушкинский, рп. Правдинский, ул. Лесная, д. 60

ISBN 978-5-7367-1708-8