



СЕРИЯ
«ИСТОЧНИКИ
НОВЫХ ИНДУСТРИЙ»
ВЫПУСК 6



Передовые интеллектуальные решения в сельском хозяйстве

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ - МОСКВА, 2023

**ИСТОЧНИКИ НОВЫХ ИНДУСТРИЙ.
ВЫПУСК 6. ПЕРЕДОВЫЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
РЕШЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ**

Экспертно-аналитический доклад

Под редакцией В. Н. Княгинина, С. В. Салкуцана, Е. М. Холодной

Научные редакторы: Ю. А. Китаёв, П. О. Скобелев

Авторы: Е. Д. Волкова, Л. Р. Гимадинова, К. Т. Еременко,
Е. Ю. Кропин, М. С. Липецкая, Д. В. Санатов, Л. В. Скляр,
М. А. Харитонов

Настоящий доклад подготовлен по итогам форсайт-исследования приоритетных научных направлений в АПК и пищевой промышленности для конкурса прорывных научных проектов «Blue Sky Research 2023 — Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе и пищевой промышленности».

Над материалами работал коллектив авторов, представляющих Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» и Фонд поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга. В доклад вошла карта перспективных технологий в сельском хозяйстве, возникающих на стыке двух технологических революций, обзор моделей сельскохозяйственной деятельности, появившихся благодаря распространению искусственного интеллекта. Рассмотрены вопросы, ответы на которые помогут перейти к следующему этапу развития АПК, сделан обзор отечественного и мирового опыта реализации проектов интеллектуального сельского хозяйства.

При подготовке использовались данные Федеральной службы государственной статистики, аналитические отчеты и экспертные доклады в области трансформации сельского хозяйства, научно-исследовательские работы, посвященные созданию и внедрению инноваций в АПК, и информация из других открытых источников.

Доклад адресован представителям аграрного сектора, IT-специалистам, государственным служащим федерального и регионального уровня, экспертному сообществу, занимающемуся вопросами разработки и внедрения инноваций в сельскохозяйственное производство, а также всем интересующимся развитием агропромышленного комплекса.

Серия «Источники новых индустрий»

Дизайн доклада: Aced Branding по заказу Фонда поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга

ISBN 978-5-6048892-8-2
Санкт-Петербург-Москва, 2023

**SOURCES OF NEW
INDUSTRIES. ISSUE 6.
ADVANCED INTELLIGENT
SOLUTIONS IN AGRICULTURE**

EXPERT-ANALYTICAL REPORT

Edited by V. N. Knyagin, S. V. Salkutsan, E. M. Kholodnova

Scientific Editors: Yu. A. Kitayov, P. O. Skobelev

**Authors: E. D. Volkova, L. R. Gimadinova, K. T. Eremenko, E. Yu. Kropin,
M. S. Lipetskaya, D. V. Sanatov, L. V. Sklyar, M. A. Kharitonov**

The current report follows a foresight study of priority research areas in the agricultural and food sector for the "Blue Sky Research 2023 - Artificial Intelligence in the agro-industrial complex and food industry" breakthrough research projects competition.

The report has been prepared by the group of authors representing the Center for Strategic Research "North-West", Innovations and Youth Initiatives Support of St. Petersburg and contains a map of promising technologies in agriculture, arising at the intersection of two technological revolutions, an overview of models of agricultural activity that have emerged due to the spread of artificial intelligence.

The report raises questions, the answers to which will help to move to the next stage of development of the agro-industrial complex, and it presents a review of Russian and international experience in the implementation of intelligent agriculture projects.

The following data were used for the report: data from the Federal State Statistics Service, analytical and marketing reports on agricultural transformation, research works related to the development and implementation of innovations in the agro-industrial complex and other open sources of information.

The report is addressed to representatives of the agricultural sector, IT experts, government officials at the federal and regional levels, experts involved in development and implementation of innovations in agricultural production, as well as to all those interested in the development of agriculture.

The series «Sources of new industries»

Report design: Aced Branding on demand of the Innovations and Youth Initiatives Support Fund of St. Petersburg

ISBN 978-5-6048892-8-2
Saint Petersburg-Moscow, 2023

Благодарности

АВТОРЫ ВЫРАЖАЮТ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТЬ ЗА ЦЕННЫЕ КОММЕНТАРИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ДОКЛАДА:

- директору по инновационному развитию и цифровизации ООО «ГК Агро-Белогорье» **Станиславу Юрьевичу Дмитрову,**
- профессору РАН, доктору сельскохозяйственных наук **Екатерине Васильевне Журавлёвой,**
- декану экономического факультета Белгородского государственного аграрного университета им. В. Я. Горина **Юрию Александровичу Китаёву,**
- проректору по учебной работе Белгородского государственного аграрного университета им. В. Я. Горина **Наталье Ивановне Клостер,**
- руководителю отдела исследований ООО «ДИДЖИТАЛ АГРО» **Игорю Юрьевичу Кукоеву,**
- ведущему научному сотруднику ФИАН, завлабораторией ИПУСС РАН, завкафедрой ФАИТ СамГТУ, профессору Самарского университета (СУ) и СамГУПС **Петру Олеговичу Скобелеву.**

Содержание

- 7 **Список рисунков и таблиц**
- 9 **Введение**
- 10 **Раздел 1.** Карта перспективных технологий сельского хозяйства
- 16 **Раздел 2.** Обзор моделей сельскохозяйственной деятельности с применением передовых решений на основе искусственного интеллекта
- 37 **Раздел 3.** Ключевые вопросы для перехода отечественного сельского хозяйства на технологии ИИ
- 45 **Раздел 4.** Проекты, приближающие масштабное применение технологий ИИ в АПК
- 61 **Библиография**
- 63 **Приложение 1.** Подготовка кадров в российских университетах для сельского хозяйства будущего
- 64 **Приложение 2.** Научно-технологические направления проектных заявок «Blue Sky Research 2023 - Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе (АПК) и пищевой промышленности»

Список рисунков и таблиц

- Рис. 1.** Карта перспективных технологий сельского хозяйства на стыке двух технологических направлений
- Рис. 2.** Динамика роста научных публикаций, посвященных искусственному интеллекту в АПК, 2000 – май 2023, ед.
- Рис. 3.** Динамика роста патентов по тематикам в области искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, 2014 – май 2023, ед.
- Рис. 4.** Прогноз среднегодового темпа роста сегментов (CAGR) в сельском хозяйстве, 2022-2025, %
- Рис. 5.** Прогноз объёма рынка ИИ в сельском хозяйстве, 2022-2030, млрд долларов
- Рис. 6.** Комплексные эффекты от внедрения ИИ в сельском хозяйстве
- Рис. 7.** Управленческий цикл принятия решений на основе данных в сельском хозяйстве с использованием технологий искусственного интеллекта
- Рис. 8.** Новые практики ведения сельского хозяйства с внедрением технологий ИИ
- Рис. 9.** Инновационные модели сельскохозяйственной деятельности на основе технологий искусственного интеллекта
- Рис. 10.** Модель умного растениеводства
- Рис. 11.** Мониторинг качества почвы с помощью интеллектуального сенсора
- Рис. 12.** Модель мониторинга почвы и полей с помощью БПЛА
- Рис. 13.** Структура единой цифровой платформы в сельском хозяйстве
- Рис. 14.** Модель интеллектуального прогнозирования
- Рис. 15.** Макет отображения прогноза урожайности от компании Grundo
- Рис. 16.** Схема автоматического сбора урожая при помощи агробота
- Рис. 17.** Робот для сбора перца
- Рис. 18.** Схема интеллектуального мониторинга состояния скота
- Рис. 19.** Показатели умных носимых датчиков мониторинга состояния скота
- Рис. 20.** Интеллектуальный датчик SMARTBOW и интерфейс приложения для смартфона
- Рис. 21.** Схема процесса автоматизированного доения
- Рис. 22.** Доильный робот Lely (Нидерланды)
- Рис. 23.** Модель применения концепции точного сельского хозяйства на ферме
- Рис. 24.** Интеллектуальное орошение с применением наземных интеллектуальных датчиков
- Рис. 25.** Схема точного полива с помощью системы капельного орошения
- Рис. 26.** Пример точной ирригации на поле с помощью дождевальной системы полива
- Рис. 27.** Схема работы технологии ИИ — глубокого обучения для обнаружения заболеваний
- Рис. 28.** Фиксация повреждений и увядания урожая
- Рис. 29.** Фрагмент пользовательского интерфейса приложения AgroScout
- Рис. 30.** Этапы геномной селекции растений
- Рис. 31.** Модель редактирования генома с помощью технологии CRISPR/Cas9
- Рис. 32.** Основные форматы сити-фермерства
- Рис. 33.** Вертикальная салатная ферма iFarm в Катаре, 2021
- Рис. 34.** Схема организации умного хранения зерна
- Рис. 35.** Интерфейс программы сбора аналитики в системе хранения Smart Storage
- Рис. 36.** Умная логистика
- Рис. 37.** Интерфейс пользователя программы AgriChain
- Рис. 38.** Интеллектуальный датчик контроля состояния продукции сельхозпроизводства
- Рис. 39.** Использование цифровых технологий в российских организациях по видам экономической деятельности (в процентах от общего числа организаций), %, 2021 (ранжирование по степени внедрения искусственного интеллекта в производство)
- Рис. 40.** Внутренние затраты российских организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг по видам экономической деятельности, млрд рублей, 2021
- Рис. 41.** Соотношение приема/выпуска студентов по профильным направлениям подготовки в колледжах и вузах в 2022, человек
- Рис. 42.** Доля выпускников образовательных организаций России (2018-2020), чья основная работа не связана с полученной профессией, %
- Рис. 43.** Участники и возможности цифровой платформы growAG
- Рис. 44.** Пользовательский интерфейс платформы «РСХБ в цифре»
- Рис. 45.** Экспериментальный характер конкурса «Blue Sky Research – Искусственный интеллект в науке»
- Рис. 46.** Результаты отбора проектных заявок участников конкурса «Blue Sky Research 2023 – Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе (АПК) и пищевой промышленности»
- Рис. 47.** Карта образовательных организаций высшего образования и научных организаций, проводящих исследования, нацеленные на развитие фронтальных направлений Сельского хозяйства 4.0
- Рис. 48.** Работа информационной системы для анализа состояния кур
- Рис. 49.** Карта осадков в июне в XXI веке. Климатический масштаб эффектов от реализации проекта
- Рис. 50.** Цифровая платформа ElecCat
- Рис. 51.** Сенсор для оценки органолептических свойств кофе при помощи машинного обучения
- Рис. 52.** Работа алгоритма по поиску молекул для регуляции вкуса
- Рис. 53.** Интерфейс приложения для бесконтактного анализа веса свиней
- Рис. 54.** Схема обработки генетических данных растений
- Рис. 55.** Визуализация идеи работы программы анализа микрофотографии клеточного роста
- Рис. 56.** Перспективные направления развития проекта
- Рис. 57.** Схема алгоритма для подбора ДНК
- Таблица.** Сравнительный анализ перечней специальностей и направлений обучения в сельском хозяйстве в СССР и в России

Введение

В середине XX века произошли значительные изменения в сельскохозяйственном производстве. Массово внедрялись более продуктивные сорта растений, началось активное применение пестицидов и химических удобрений, появились более эффективные методы орошения и культивации как отражение общей тенденции полномасштабной механизации сектора. Итогом предыдущего этапа «революции» в сельском хозяйстве стало радикальное повышение производительности труда и рост мировых объемов производства сельхозпродукции. Однако возможности дальнейшего наращивания эффективности на основе технологий предыдущей «революции» (простого интенсивного воспроизводства) исчерпали себя уже к началу XXI столетия.

Глобальные вызовы, с которыми столкнулась нынешняя модель развития отрасли, ведут к пересмотру рамочной концепции развития сельского хозяйства: путь устойчивого роста производства продовольствия при снижении потребности в ресурсах и с поисками решения экологических и климатических проблем.

Есть все основания полагать, что одной из опорных групп технологий перехода сельскохозяйственной отрасли на новую модель развития станут технологии, основанные на искусственном интеллекте.

ИИ-технологии помогут совершить новый отраслевой сдвиг в сельском хозяйстве,кратно повысить его производительность путем оптимизации использования ресурсов, улучшения продуктивности сельскохозяйственной деятельности и автоматизации задач. Широкое применение интеллектуальных решений в сельском хозяйстве обеспечит биобезопасность, увеличит устойчивость и экологичность производства. Результатом внедрения ИИ в АПК может стать трансформация ключевых управленческих практик, где решения будут приниматься на основе данных. Наряду с уже существующими моделями организации сельскохозяйственного производства появляются новые:

- умное растениеводство, где процессы выращивания растений оптимизируются ИИ;
- умное животноводство с применением ИИ для улучшения условий содержания и здоровья животных;
- точное сельское хозяйство, использующее передовые технологии и аналитику данных для большей эффективности производства и минимизации негативного воздействия на окружающую среду;
- интеллектуальная система управления производством, включающая анализ сведений о производстве, логистике, рынках и принятие решений по управлению хозяйственными объектами.

Для России, где сельское хозяйство занимает первые позиции в общем объеме экспорта и характеризуется высокой конкурентоспособностью на мировом рынке, вопрос применения новых передовых технологий ИИ представляется чрезвычайно важным. Переход к современным моделям сельскохозяйственной деятельности возможен при решении ключевых вопросов трансформации отрасли. Прежде всего это достаточность уровня цифровизации, наличие онтологий и баз данных; технологическая обеспеченность и суверенитет; экономическая доступность разработки и внедрения интеллектуальных решений в АПК; количественная и качественная обеспеченность отрасли кадрами; соответствие проектов и методов интеллектуального АПК этическим принципам и существующей нормативно-правовой базе.

В России и мире уже запускаются проекты, приближающие интеллектуализацию сельского хозяйства. Такие инициативы носят междисциплинарный характер и реализуются в партнерстве науки, образования и отрасли. Их распространение и масштабирование ускорит процесс перехода агропромышленного комплекса к эффективной устойчивой форме.

Целью настоящего доклада является представление главных направлений технологической трансформации отрасли на основе ИИ, фиксация роли искусственного интеллекта и его влияния на отраслевые процессы, обзор моделей сельскохозяйственной деятельности с применением ИИ, а также описание конкретных решений, способствующих переходу индустрии на новый этап технологического развития с применением технологий искусственного интеллекта.

Первая глава доклада посвящена перспективным технологиям в АПК, роли искусственного интеллекта в процессе трансформации сельскохозяйственного сектора и анализу влияния этой группы технологий на смену парадигмы в сельском хозяйстве.

Вторая глава рассказывает о моделях сельскохозяйственной деятельности, складывающихся под влиянием технологий искусственного интеллекта. Здесь же дается обзор примеров практического применения высших цифровых технологий в АПК.

В третьей главе отражены ключевые вопросы, которые необходимо принять во внимание при оценке потенциала интеллектуализации российского АПК.

В четвертой представлены проекты интеллектуализации АПК, предложены возможные решения по ускорению процесса интеллектуализации отрасли в России.

Раздел 1

Карта перспективных технологий сельского хозяйства

Свершившиеся прорывы в биотехнологиях и повсеместное внедрение цифровых технологий привели к появлению на стыке наук инноваций, влияющих на развитие сельского хозяйства. Процесс технологизации АПК уже запущен, а рынок решений с применением искусственного интеллекта растет с каждым годом.

Проведенный анализ перспективных направлений технологического развития сельского хозяйства (рис. 1) показал, что совмещение современных биотехнологий и цифровых решений на основе данных, включающих ИИ-решения, формирует фронтиры в области сельского хозяйства «завтрашнего дня». В основе умного сельского хозяйства и фудтеха лежат результаты биотехнологической и цифровой революций.



Рис. 1. Карта перспективных технологий сельского хозяйства на стыке двух технологических направлений

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Lens, Google Scholar, WIPO, открытых источников и аналитических докладов (KPMG, Deloitte, PwC, McKinsey), а также по данным форсайта «Фронтиры Агрофудтех»



Интеллектуальные технологии в АПК



Прогресс в области работы интеллектуальных систем обеспечивает трансформацию биотехнологических систем. Обратим внимание на следующие тенденции.

Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве привлекает всё больше внимания. Наблюдается ежегодный рост числа публикаций и патентов на стыке тематик искусственного интеллекта и агрохозяйства (рис. 2, 3).

Рис. 2. Динамика роста научных публикаций, посвященных искусственному интеллекту в АПК, 2000 – май 2023, ед.

Источник: lens.org

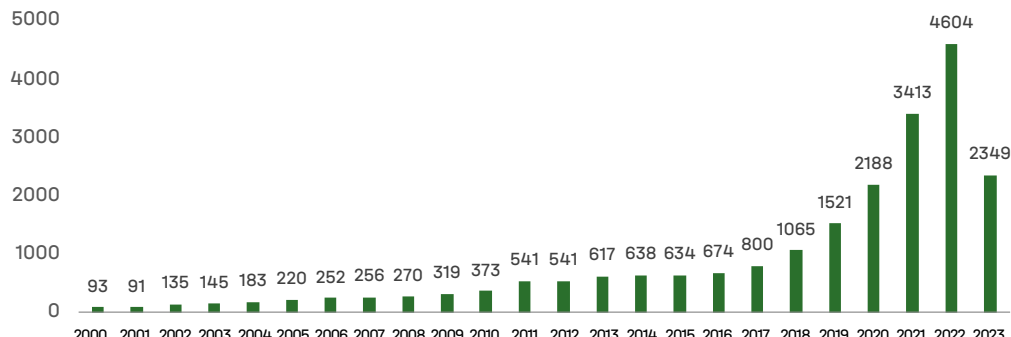
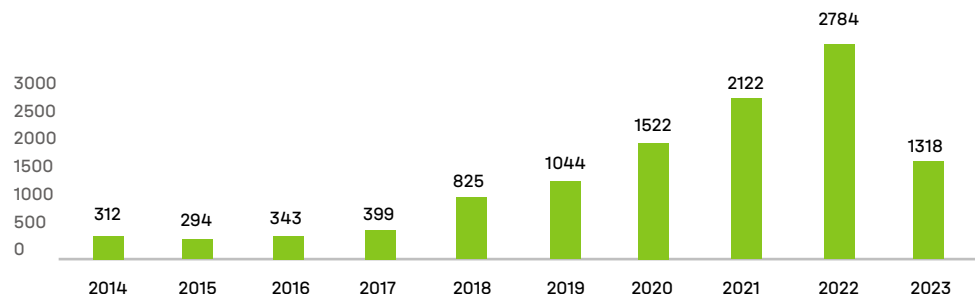


Рис. 3. Динамика роста патентов по тематикам в области искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, 2014 – май 2023, ед.

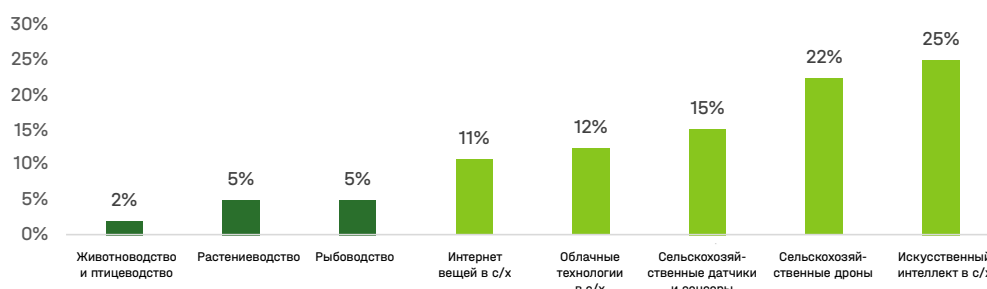
Источник: wipo.int



Темпы роста рынка передовых интеллектуальных технологий в сельском хозяйстве в разы опережают традиционные сектора АПК (рис. 4). И если глобальный рынок ИИ в сельском хозяйстве в 2022 году составлял 1,25 млрд долларов США, то к 2030-му его размер достигнет 8,3 млрд (рис. 5). Это косвенное указание на то, что на данном этапе уже идет активная технологизация сельского хозяйства.

Рис. 4. Прогноз среднегодового темпа роста сегментов (CAGR) в сельском хозяйстве, 2022–2025, %

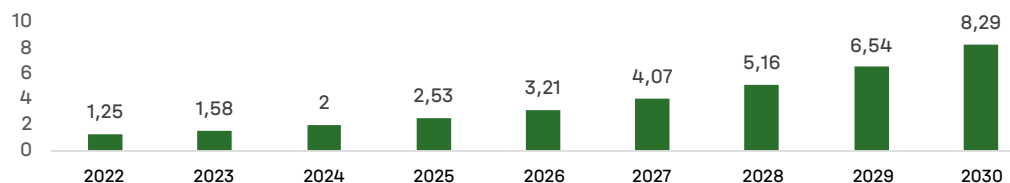
Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным открытых источников



Этап активной технологизации и интеллектуализации отрасли характеризуется растущим объемом применения технологий ИИ в АПК, превышающим объем самого производства. В целом применение и развитие технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и пищевой промышленности — сформировавшийся рынок, который непрерывно растет.

Рис. 5. Прогноз объема рынка ИИ в сельском хозяйстве, 2022–2030, млрд долларов

Источник: www.psmarketresearch.com



Передовые интеллектуальные технологии увеличивают эффективность сельского хозяйства на микро- и макроэкономическом уровнях. В масштабах отдельного агрохозяйства внедрение ИИ способствует:

- повышению производительности и качества благодаря продвинутому анализу данных с датчиков почвы, растений, погодных условий и других источников информации для принятия решений по оптимизации роста и урожайности сельскохозяйственных культур;
- сокращению отходов (оптимизация использования ключевых ресурсов — воды, корма, удобрений);
- повышению эффективности благодаря автоматизации и снижению применения ручного труда;
- безопасности и выживаемости растений и животных (инструменты выявления проблем на ранней стадии, анализ популяций вредителей, прогнозирование эпизоотических вспышек помогают снижать заболеваемость);
- усилению устойчивости (уменьшается негативное воздействие на окружающую среду вследствие оптимизации управления ресурсами и отходами).

Применение технологий искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве позволяет получить следующие преимущества (рис. 6).

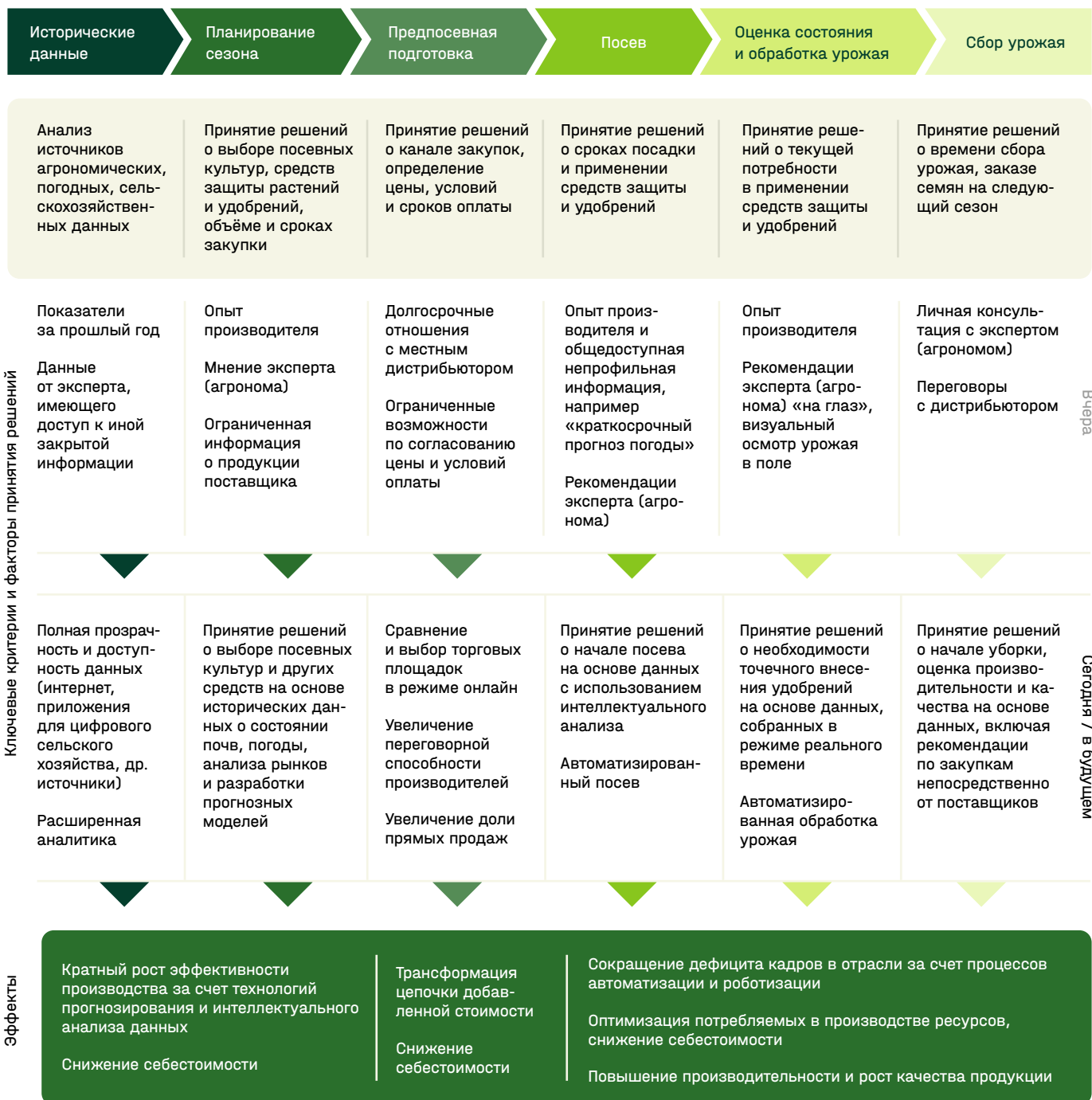
1 В то время как в предыдущий пакет технологий (вторая половина XX века) входили более продуктивные сорта растений, системы орошения, удобрения, пестициды и механическое оборудование, новый пакет технологий (начиная с 2010) содержит интеллектуальные технологии и платформы ИИ.

1. Внедрение нового пакета интеллектуальных технологий¹ в сельском хозяйстве формирует значительную добавленную стоимость в секторе. При применении технологий ИИ достигаются:

- оптимизация потребляемых ресурсов с помощью модели точного сельского хозяйства;
- существенный рост эффективности производства благодаря моделям прогнозирования, цифровым двойникам, основанным на технологиях машинного обучения и глубокого обучения;
- сокращение дефицита кадров в отрасли с внедрением роботизированных и автоматизированных систем;
- трансформация цепочки добавленной стоимости.

Рис. 6. Комплексные эффекты от внедрения ИИ в сельском хозяйстве

Источник: ЦСР «Северо-Запад» на основе VCG



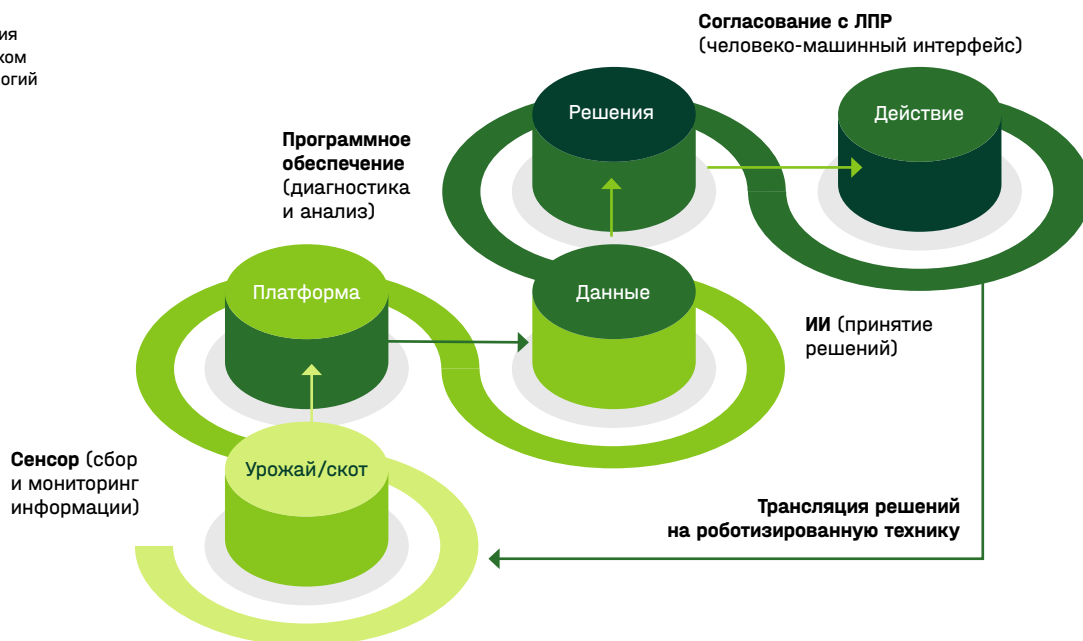
2. ИИ в сельскохозяйственной деятельности помогает перейти к новой, более эффективной модели управления - т. н. управлению на основе данных (рис. 7). Можно выделить ряд ключевых аспектов управления на основе ИИ.

- **Распределение ресурсов, планирование и оптимизация работы агрохозяйств** (заблаговременная выработка наиболее эффективных планов действий в условиях высокой неопределенности и динамики изменений).
- **Мониторинг.** Датчики и сенсоры, а также технологии машинного зрения регистрируют показатели состояния сельскохозяйственных объектов - в реальном времени записывают данные о состоянии посевов, почвы, урожая, животных и т. д.

- **Диагностика и анализ.** Значения с датчиков передаются на размещенную в облаке платформу IoT с заданными «условиями» принятия решений. Модели ИИ по заданным параметрам определяют состояние исследуемого объекта и выявляют любые недостатки или потребности.
- **Принятие решений.** После обнаружения проблем пользователь и/или управляемые машинным обучением компоненты платформы IoT определяют, требуется ли точечное «лечение» объекта, и если да, то какое.
- **Действие.** После реализации решений команда поступает на автоматизированную технику, и цикл принятия решений повторяется с самого начала.

Рис. 7. Управленческий цикл принятия решений на основе данных в сельском хозяйстве с использованием технологий искусственного интеллекта

Источник: Accenture



3. Применение ИИ позволяет **увеличить количество принципиально новых практик ведения сельскохозяйственной деятельности. Технологии обеспечивают переход к интеллектуальным и автоматизированным моделям ведения сельского хозяйства (рис. 8).**

Рис. 8. Новые практики ведения сельского хозяйства с внедрением технологий ИИ

Источник: Artificial intelligence solutions enabling sustainable agriculture (2022). URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268989>



Новые модели ведения сельского хозяйства характеризуются более высокой эффективностью и управляемостью.

Раздел 2

Обзор моделей сельскохозяйственной деятельности с применением передовых решений на основе искусственного интеллекта

Применение технологий искусственного интеллекта в процессе ведения сельского хозяйства трансформирует модель организации сельскохозяйственной деятельности на предприятиях: речь идет как о повседневных рутинных практиках, так и о цепочках формирования добавленной стоимости. Для обеспечения перехода к новым моделям сельскохозяйственным предприятиям требуется кооперация с поставщиками интеллектуальных решений.



Внедрение искусственного интеллекта в деятельность субъектов АПК приводит к появлению новых концепций сельскохозяйственной деятельности (рис. 9). В данном разделе приведен обзор основных групп технологий, которые развиваются в пределах этих концепций. Наибольший интерес представляют:

- **«умное» растениеводство** – это комплексный подход к управлению состоянием полей и урожая с применением цифровых технологий и ИИ;
- **«умное» животноводство** – применение средств автоматизации ухода за животными с целью повышения производительности и качества продукции;
- **точное сельское хозяйство** – управление окружающей средой для экономии ресурсов;
- **интеллектуальная система управления** производством и логистикой – подход к управлению производственными процессами на сельскохозяйственном предприятии.

Рис. 9. Инновационные модели сельскохозяйственной деятельности на основе технологий искусственного интеллекта

Источник: ЦСР «Северо-Запад»



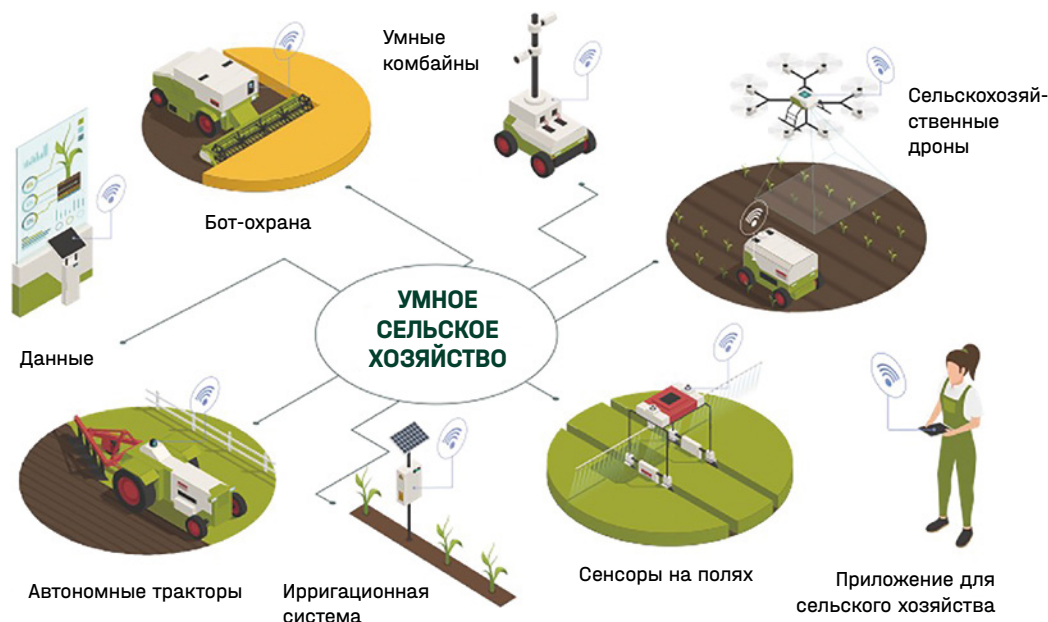
1. Умное растениеводство. Интеллектуальный мониторинг и управление состоянием полей и урожая

2 Умное растениеводство.
URL: <https://iot.ru/wiki/umnoe-rastenievodstvo> (дата обращения: 30.06.2023).

Умное растениеводство – отрасль сельского хозяйства, занимающаяся выращиванием культурных растений (овощей, фруктов, ягод, цветов и т. д.) с целью повышения урожайности культур вне зависимости от климатических условий и с использованием новейших цифровых технологий, датчиков, робототехнических систем (рис. 10)².

Рис. 10. Модель умного растениеводства

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным concaveagri.com



Лабораторные методы оценки желаемых параметров, например параметров почвы и воды, обычно занимают много времени, стоят дорого, требуют специального оборудования и наличия высококвалифицированного персонала для проведения физико-химических и биологических анализов. Интеллектуальные системы мониторинга при правильном использовании могут стать решающим фактором для успешного управления сельским хозяйством, поскольку собирают важнейшие данные с поля в режиме реального времени и анализируют их с помощью современных цифровых технологий и с применением искусственного интеллекта.

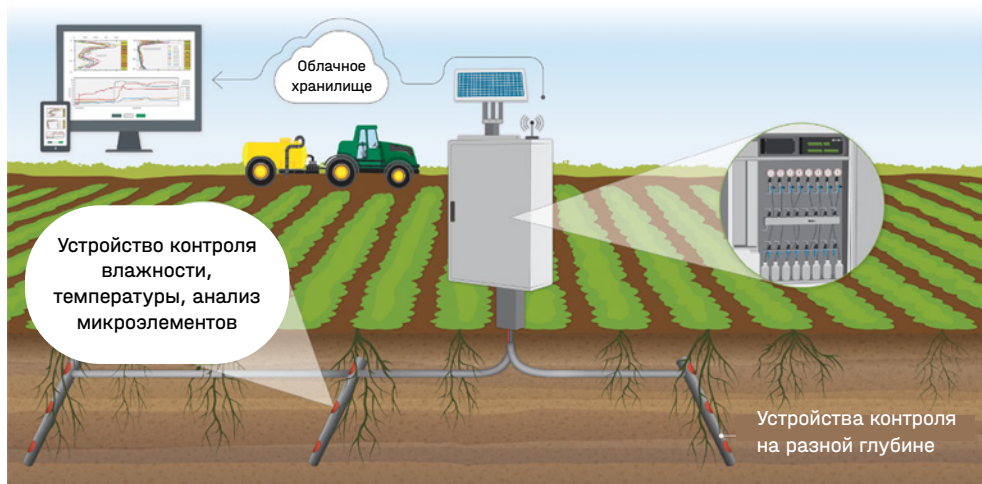
1.1. Мониторинг качества почвы. Применение технологий ИИ в сочетании с сенсорами, автоматизированной техникой, БПЛА и методами анализа больших данных в сельском хозяйстве дает возможность обнаруживать деградационные процессы почвенной структуры, заболевания и вредителей еще до начала посева, предотвращая потенциальные потери урожая. В отличие от традиционных методов, этот подход позволяет проводить более полный и точный анализ биохимии почвы.

- Анализ почвы с помощью интеллектуальных сельскохозяйственных датчиков (рис. 11), Интернета вещей и технологий интеллектуального анализа данных происходит следующим образом.

1. На поле устанавливается интеллектуальный датчик, который автономно проводит исследования микроэлементов почвенного покрова.
2. Алгоритм машинного обучения сравнивает данные из образца с имеющейся базой данных относительно почвы.
3. Результаты показывают уровень влажности, дефицит питательных веществ, уровень кислотности (pH), состав микробов в образце и др. факторы.
4. Специалисты обрабатывают результаты и определяют риски конкретных заболеваний, дают рекомендации по различным вмешательствам в зависимости от состава почвы и наличия микроорганизмов.

Рис. 11. Мониторинг качества почвы с помощью интеллектуального сенсора

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным sensoil.com

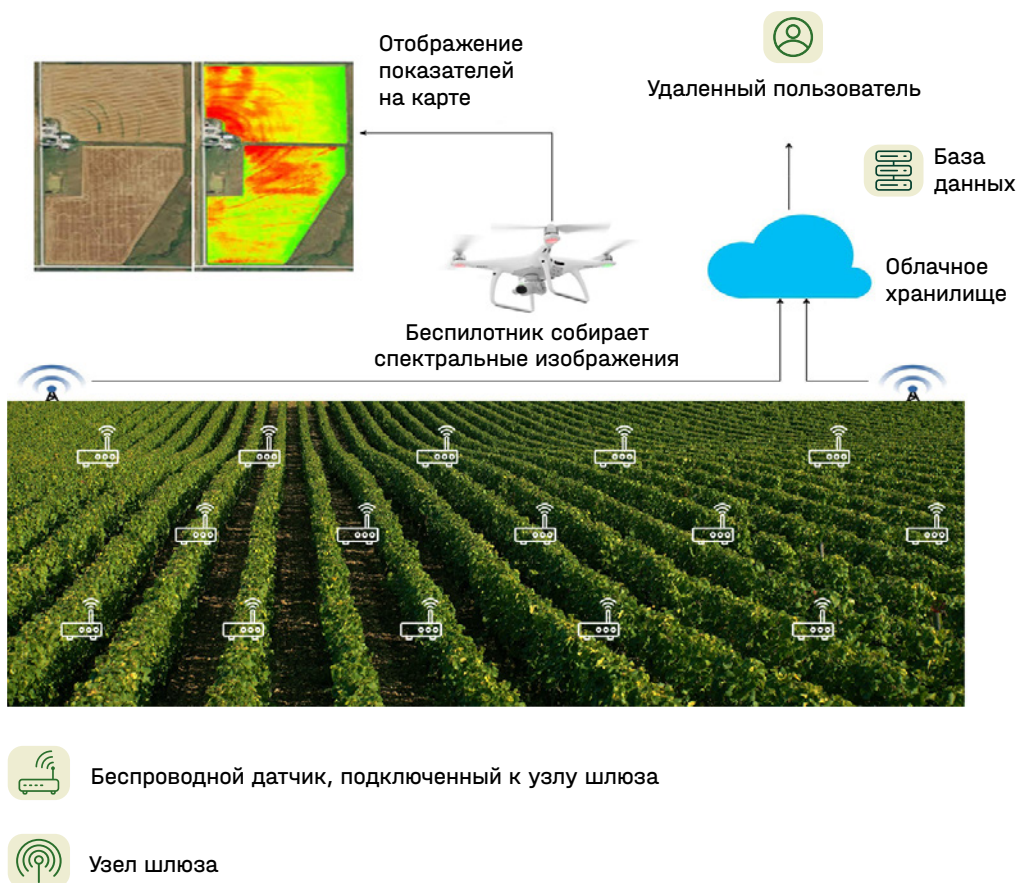


- Мониторинг сельскохозяйственных угодий и состояния почвы с помощью дронов и БПЛА (рис. 12): дроны, оснащенные компьютерным зрением и использующие расширенную аналитику, производят аэро- и фотосъемку с высоким разрешением для сбора информации. Постоянное дистанционное зондирование полей выявляет засушливые участки, изменения состояния почвы и т. п., а операторы получают лучшее представление о профиле влажности почвы для принятия решений, особенно в отношении посева, потенциала урожайности и потребности внесения удобрений. Аграрии анализируют полученные результаты и корректируют технологические карты по мере необходимости.

Используя технологию картографирования полей, а именно комбинацию методов машинного обучения для анализа 3D-карт, данных с автономных наземных датчиков и данных о почве, полученных с беспилотников, аграрии могут прогнозировать потенциальную урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Рис. 12. Модель мониторинга почвы и полей с помощью БПЛА

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным sopsaveagri.com



Единая цифровая платформа для интеллектуального мониторинга сельскохозяйственных угодий

Помимо развития отдельных технологий для интеллектуального мониторинга полей, на рынок выходят единые цифровые платформы, которые интегрируют различные интеллектуальные методы для мониторинга и анализа качества почвы, состояния урожая, ирригационных процессов с целью создания цифровых двойников сельскохозяйственных угодий.

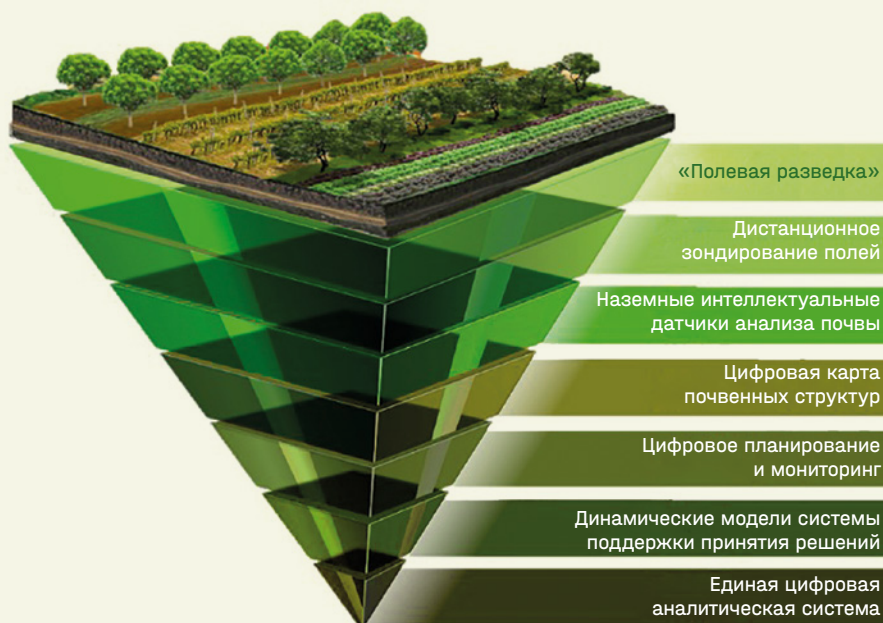
3 Цифровая платформа для мониторинга сельскохозяйственных угодий. URL: <https://landscan.ai/> (дата обращения: 30.06.2023).

Интеллектуальная цифровая платформа Platform for Discovery от компании LandScan³ (рис. 13) создает цифровой двойник участка с помощью системы уникальных, синхронизированных в цифровом формате технологий: спутниковой съемки, аэрофотосъемки с дронов, интеллектуальных датчиков, системы анализа данных для определения параметров растительности и почвенного профиля сельскохозяйственного участка. В основе платформы лежит Единая цифровая аналитическая система (Root Cause Analytics), которая объединяет все элементы платформы:

- **мониторинг поля с воздуха.** Вначале производится откалибровка спутниковых изображений с помощью спектральной обработки изображений сельскохозяйственных полей. Затем с помощью дистанционного зондирования — Digital Vegetation Signature (DVS) — система отличает растения друг от друга и генерирует уникальные цифровые классификации на основе спектральных, тепловых и гиперпространственных (охватывающих протяженные территории) характеристик;
- **мониторинг состояния почвы.** Платформа включает также наземные интеллектуальные датчики анализа почвы — цифровой почвенный зонд (DSC, зонд с семью независимыми датчиками). Данные со всех сенсоров передаются на единую цифровую платформу, интегрируются и обрабатываются совместно с информацией от других устройств;
- **цифровая карта почвенных структур.** Сочетание технологий дистанционного зондирования, спектральной обработки изображений и данных интеллектуального наземного датчика позволяет создавать пространственно и статистически точные трехмерные цифровые почвенные карты.

Рис. 13. Структура единой цифровой платформы в сельском хозяйстве

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным landscan.ai

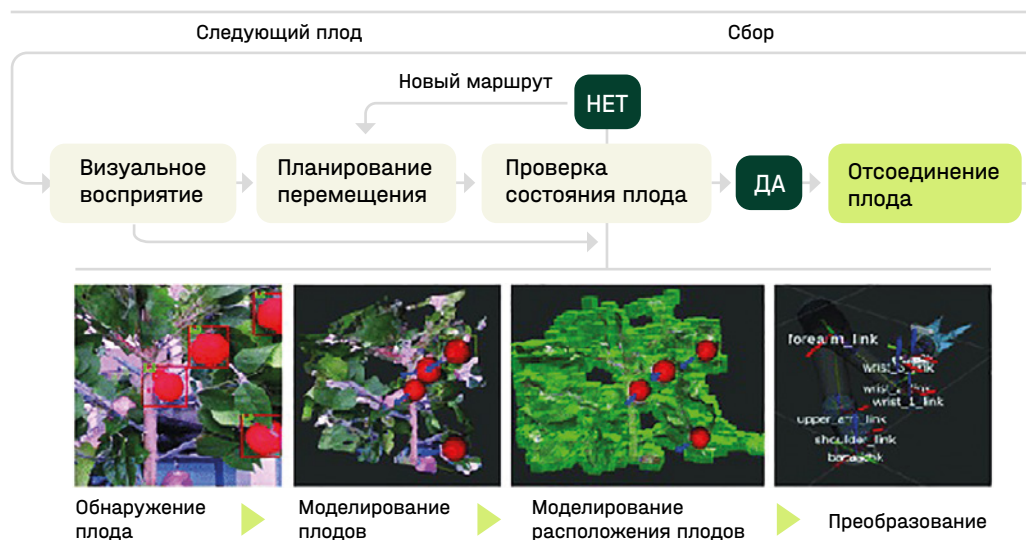


1.3. Автоматизированная уборка урожая. Автоматизированная уборка урожая с применением беспилотных роботизированных систем позволяет значительно сократить временные затраты, потребность в трудовых ресурсах, предотвратить возможные ошибки и повысить качество собранного продукта.

Беспилотная сельскохозяйственная техника оснащена системами компьютерного зрения: камерами, спутниковыми навигаторами и коннекторами для передачи данных в облачное хранилище. При сборе урожая программное обеспечение использует камеру, установленную на роботе, для распознавания и определения степени созревания плодов. С помощью технологии компьютерного зрения система определяет состояние плода, моделирует объект и находит точное его расположение, затем происходит сбор плода и переход к следующему (рис. 16).

Рис. 16. Схема автоматического сбора урожая при помощи агробота

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Visual Perception and Modeling for Autonomous Apple Harvesting



На базе научно-исследовательского центра Вагенингенского университета (Wageningen University & Research, Нидерланды) был разработан **робот для автоматизированного сбора урожая сладкого перца**. При помощи алгоритмов на базе технологии машинного обучения и компьютерного зрения робот идентифицирует плод, определяет, созрел ли он, а затем использует систему, похожую на движение человеческих рук, для сбора плодов без механического повреждения (рис. 17). Чтобы автоматизированная техника работала эффективно, нужны датчики и камеры для сбора и анализа данных, обеспечивающих автоматическое принятие решений в режиме реального времени для приведения в действие роботизированных компонентов. Такой же системный подход разрабатывается и адаптируется для других продуктов, таких как апельсины и клубника или салат-латук.

Рис. 17. Робот для сбора перца

Источник: Wageningen University & Research



2. Умное животноводство. Интеллектуальный мониторинг и управление состоянием скота

Умное животноводство – отрасль сельского хозяйства, занимающаяся разведением сельскохозяйственных животных с применением систем и технологий искусственного интеллекта и иных прорывных цифровых технологий для автоматизации ухода за животными с целью повышения производительности, роста качества продукции и уменьшения затрат на всевозможные производственные издержки.

2.1. Мониторинг состояния скота. Высокоточный мониторинг скота – развивающееся направление сельского хозяйства, задача которого заключается в обеспечении непрерывного отслеживания состояния здоровья животных для оптимизации и улучшения рабочих процессов в хозяйстве (рис. 18). Применение технологий искусственного интеллекта позволяет контролировать изменения физиологического состояния скота:

5 Руминация — количество времени, которое животное затрачивает на повторное пережевывание корма

- мониторинг поведения (подсчет шагов, измерение времени покоя и активности, контроль руминации⁵, кормовое поведение и т. д.);
- анализ визуальных характеристик (оценка физического состояния коров, возникновение хромоты и т. д.);
- анализ физиологических показателей (например, бесконтактное взвешивание свиней);
- анализ качества молока (общий надой молока, содержание жиров, белков, лактозы, подсчет соматических клеток, электропроводность и т. д.);
- определение местоположения в режиме реального времени (локализация, передвижение между различными зонами и время, проведенное в каждой зоне);
- контроль температуры (рубца, кожных покровов и др.).

Рис. 18. Схема интеллектуального мониторинга состояния скота

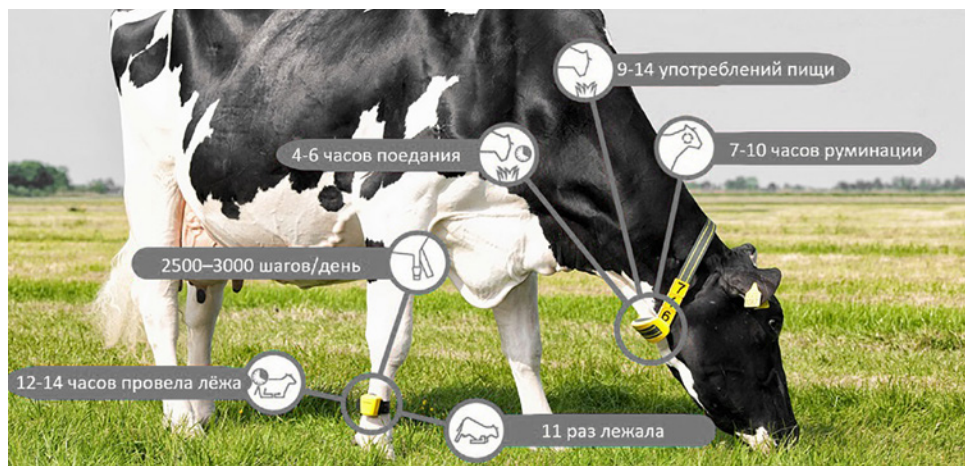
Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Precision Livestock Farming: What Does It Contain and What Are the Perspectives



- Системы слежения и мониторинга внедряются в виде чипов или ошейников на туловище животного, а также умных камер/датчиков на основе алгоритмов компьютерного зрения, установленных в помещениях, где содержатся животные (рис. 19). Используя передовые алгоритмы ИИ и машинного обучения для прогнозирования отклонений или аномалий, фермеры могут выявлять, предсказывать и предотвращать вспышки заболеваний, применять индивидуальные методы ухода за животным.

Рис. 19. Показатели умных носимых датчиков мониторинга состояния скота

Источник: agroinvestor.ru

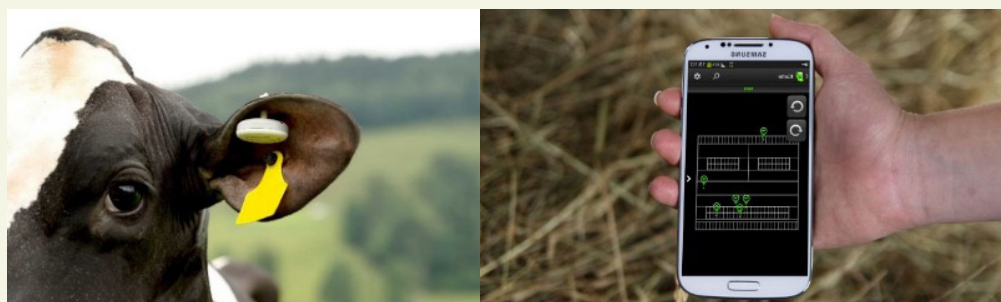


Интеллектуальная ушная бирка SMARTBOW производства ветеринарной компании «Зоэтикс» контролирует руминацию и активность каждой коровы и сообщает о состоянии здоровья и половой охоте для профилактики, выявления и устранения проблем со здоровьем животных. При пережевывании пищи ухо коровы выполняет уникальные повторяющиеся движения; считывая их, SMARTBOW анализирует жевательную активность коровы и делает предварительные прогнозы о состоянии ее здоровья. Ушная бирка ежесекундно собирает данные и с установленной периодичностью отправляет их на приемники, которые передают данные для интерпретации на сервер (рис. 20). Данные от ушной бирки поступают на приемники каждые четыре секунды, если корова активна, и каждые 16 секунд, если неактивна. Полученные данные обрабатывает запатентованная система Animal Pattern Recognition IntelLigence (APRIL) – искусственный интеллект, применяющий разработанные алгоритмы прогнозирования состояния здоровья животных с учетом особенностей конкретной коровы, группы или стада. Для этого APRIL использует специфические для животных динамические алгоритмы обучения, которые непрерывно адаптирует в соответствии с индивидуальными параметрами каждой особи⁶.

⁶ Система SMARTBOW – прогностическая ценность здоровья каждой коровы. URL: <https://souzmloloko.ru/news/novosti-company-souzmloloko/SMARTBOW-prognosticheskaja-cennost-po-zdorovju-kazhdokorovy.html> (дата обращения: 05.07.2023).

Рис. 20. Интеллектуальный датчик SMARTBOW и интерфейс приложения для смартфона

Источник: Smartbow GmbH

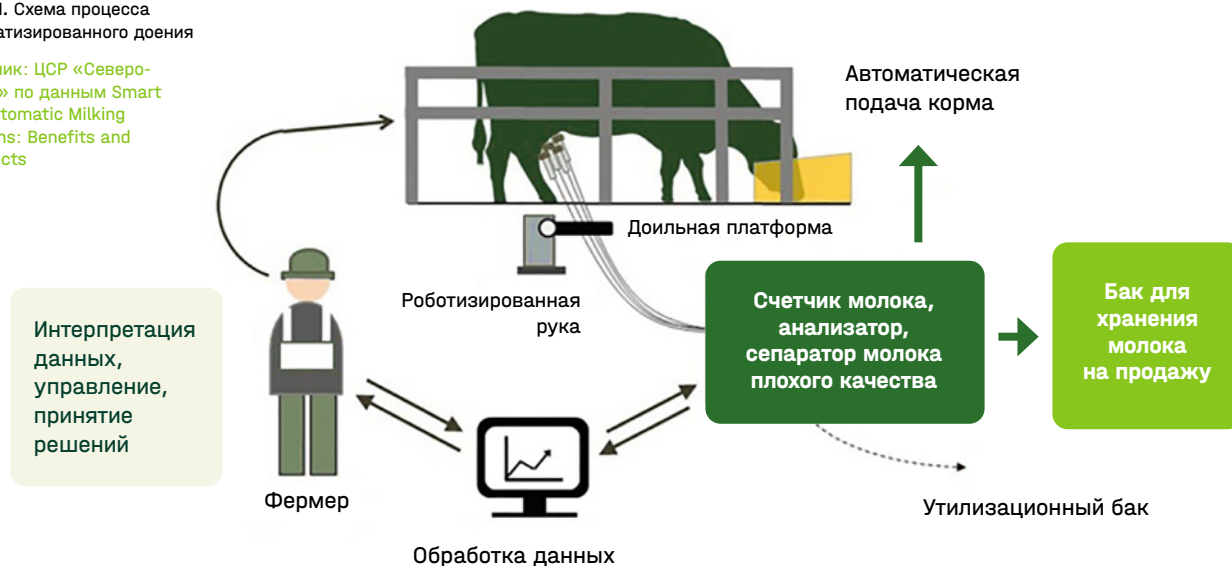


2.2. Автоматизированное доение. Система автоматического управления процессом доения предназначена для контроля доения, автоматического снятия молокозаборного оборудования, стимуляции молокоотдачи, а также сбора информации и подсчета статистики о надоях каждой коровы и всего стада, о качестве получаемого молока.

В процессе производства молочной продукции, а именно на стадии доения, всё чаще находят применение технологии искусственного интеллекта, такие как машинное обучение, интеллектуальные системы поддержки принятия решений, компьютерное зрение. Благодаря интеллектуальным датчикам с поддержкой ИИ автоматизированные доильные установки могут анализировать качество молока и отмечать отклонения, позволяют корректировать план надоя для конкретного животного (рис. 21).

Рис. 21. Схема процесса автоматизированного доения

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Smart and Automatic Milking Systems: Benefits and Prospects



7 Lely Astronaut A5. URL: <https://www.lely.com/ru/solutions/milking/astronaut-a5> (дата обращения: 05.07.2023).

Компания Lely, ведущий производитель высокоточной техники для умного сельского хозяйства, разработала аппарат Lely Astronaut A5. Это усовершенствованный автоматизированный робот для доения коров (рис. 22). Технология работает следующим образом: когда корова входит в доильную стойку, она идентифицируется, программное обеспечение считывает необходимые показатели состояния здоровья и определяет, готова ли корова к дойке. Каждая корова имеет небольшой чип, на котором сохраняются сведения о размере, весе, рекомендуемом количестве корма и времени последнего доения. С помощью 3D-камеры технология определяет размер и положение животного. Во время дойки считываются все ключевые показатели собранного молока, машина направляет данные в единую аналитическую систему. Внедрение такой технологии на крупном производстве позволяет прогнозировать и предотвращать заболевания стада, оптимизировать и совершенствовать процесс доения⁷.

Рис. 22. Доильный робот Lely (Нидерланды)

Источник: lely.com



8 Презентация компании ООО «ГК Агро-Белогорье» и НОЦ «Инновационные решения в АПК», октябрь 2022. URL: <https://agrobela.ru/innovation/digitalization/> (дата обращения: 05.07.2023).

Внедрение интеллектуальных решений группой компаний «Агро-Белогорье»⁸

В 2022 году на участке откорма ООО «Белгородский свинокомплекс» при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Инновационные решения в АПК», Института проблем управления РАН и Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана был реализован пилотный проект по внедрению технологии видеонаблюдения за животными на основе искусственного интеллекта. Установка системы умных камер, обучение нейросети для круглосуточного наблюдения за поголовьем и оперативного анализа полученных данных позволят холдингу своевременно отслеживать нестандартное поведение животных, оперативно реагировать на него, подбирать оптимальные схемы лечения, прогнозировать риски.

На производстве «Агро-Белогорья» внедрена система автоматизированного учета комбикормов и расхода воды. В ходе применения высоких цифровых технологий удалось собрать реальную статистику расхода воды на технические и производственные нужды и сократить объемы животноводческих стоков на 234 000 м³. На каждый бункер с комбикормом (около 14 000 ед.) установили изометрические датчики. Они передают информацию об объеме и весе корма на центральный модуль, который отправляет эти данные на комбикормовый завод, формируя заказ. К концу 2023 года компания запланировала полноценный запуск нынешнего пилотного проекта автоматизированной системы слежения и заказа комбикорма с помощью технологии искусственного интеллекта. Стоимость реализации проекта варьируется в пределах 170 млн рублей, экономический эффект составит около 100 млн рублей в год, ожидаемый срок окупаемости – два года.

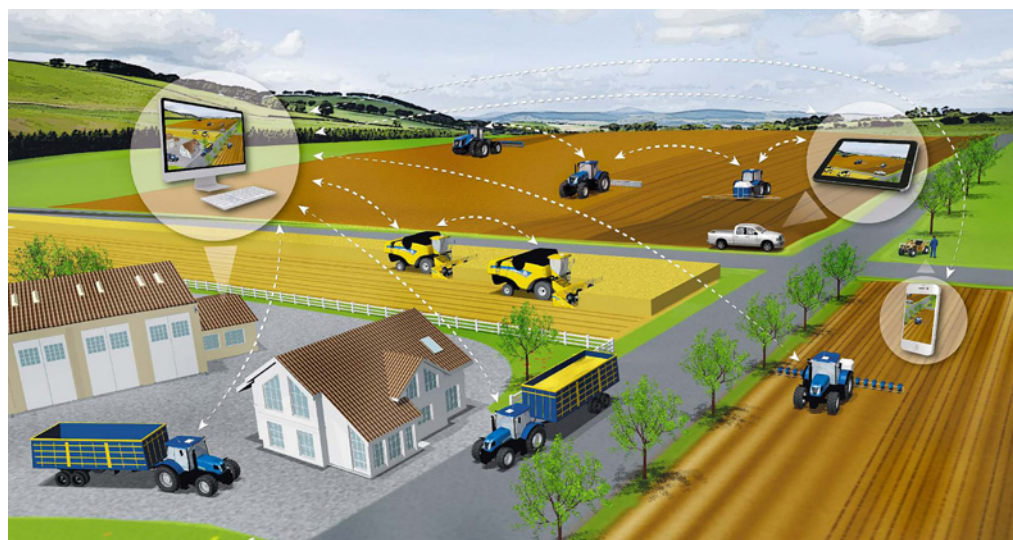
3. Точное сельское хозяйство

Точное сельское хозяйство (точное земледелие) – это стратегия управления сельским хозяйством, основанная на наблюдении, измерении и реагировании на временную и пространственную изменчивость для повышения устойчивости и эффективности сельскохозяйственного производства.

Основная идея точного земледелия состоит в применении многочисленных датчиков, контролирующих состояние и состав почвы, спутниковых технологий, позволяющих создавать предельно точные карты сельхозугодий с учетом различного состава почвы, БПЛА, способных контролировать состояние и динамику урожая и технологий ИИ. Применение этих решений ведет к кратному сокращению использования удобрений и воды, помогает точнее реагировать на отклонения от планового роста тех или иных культур и в конечном счете достигать большей производительности, качества и экономии ресурсов (рис. 23).

Рис. 23. Модель применения концепции точного сельского хозяйства на ферме

Источник: Агродайджест



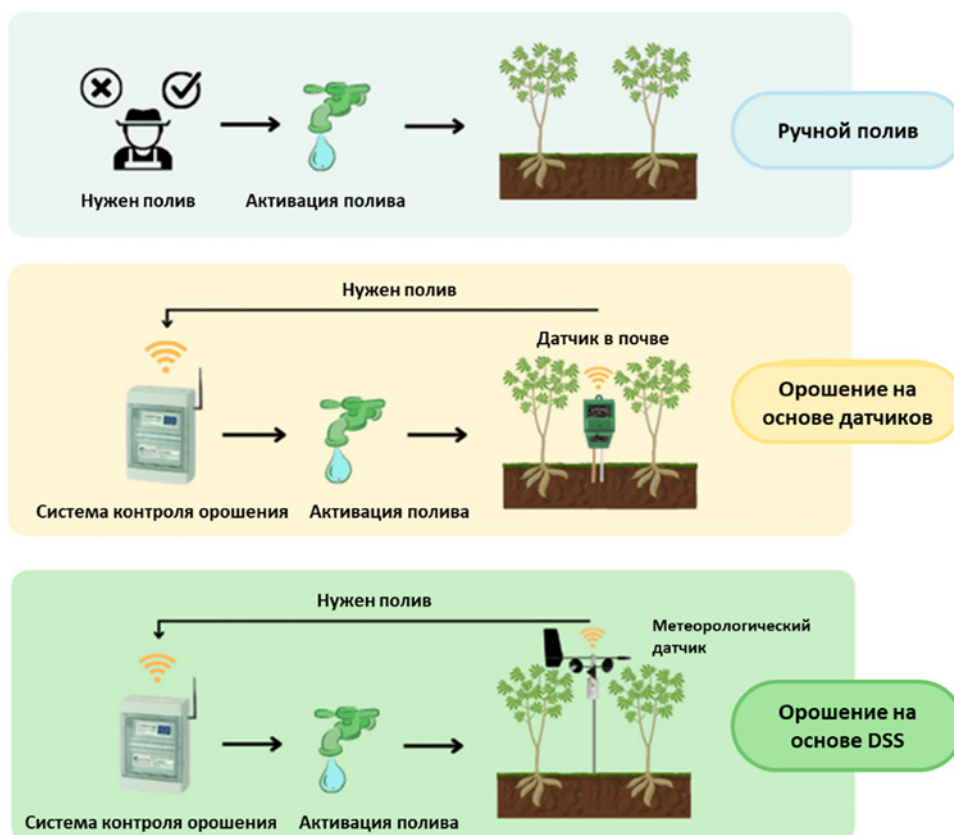
3.1. Интеллектуальные системы орошения. Инновации в области компьютерного зрения и технологий пространственного анализа в реальном времени породили новую отрасль сельскохозяйственной техники - интеллектуальные (умные) системы орошения.

- Существующие и активно применяющиеся технологии воздушного распыления и для полива, и для опрыскивания растений удобрениями и химикатами показывают свою неэффективность. Воздушные распылители не могут регулировать объёмы опрыскивания в зависимости от индивидуальных особенностей каждого растения и демонстрируют значительные потери и расход распыляемых жидкостей.

Системы орошения, использующие решения интеллектуального земледелия, рассчитывают систему подачи воды на основе результатов анализа состояния почвы таким образом, чтобы культуры орошались только тогда и там, где это необходимо. Налицо значительное преимущество в снижении количества воды и в приросте урожайности. Для этих целей применяются дроны, оснащенные компьютерным зрением. Они используют расширенную аналитику и делают аэрофотосъемку с высоким разрешением для сбора информации об оросительных системах на полях и интеллектуальные датчики, которые собирают данные о состоянии почвы в режиме реального времени (рис. 24). Постоянный мониторинг выявляет такие проблемы, как засоры и утечки, а также оценивает состояние почвы. Технология подойдет для засушливых районов: операторы получают лучшее представление о профиле влажности почвы и могут принимать рациональные решения, особенно в отношении посева, потенциала урожайности и внесения удобрений. Разработки в области искусственного интеллекта позволяют также более точно прогнозировать вероятность засухи и аномальной жары - и в сезон, и в долгосрочной перспективе.

Рис. 24. Интеллектуальное орошение с применением наземных интеллектуальных датчиков

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Application of Smart Techniques for Sustainable Crop Production



9 Smart Irrigation in Agriculture: How IoT Takes AgTech to the Next Level. URL: <https://intellias.com/smart-irrigation-in-agriculture/> (дата обращения: 19.07.2023).

- Системы интеллектуального орошения адаптируются под потребности окружающей среды, состояния почвы и урожая. В зависимости от формы применения умного полива выделяют дождевальное орошение (разбрызгивание на поле), центральное поворотное орошение (перемещаемое орошение из распылителей), капельное орошение (орошение корней растений), микроорошение (точечное орошение корней растений) (рис. 25, 26)⁹.

Рис. 25. Схема точного полива с помощью системы капельного орошения

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Fibrous capillary irrigation system with the IoT monitoring system layout

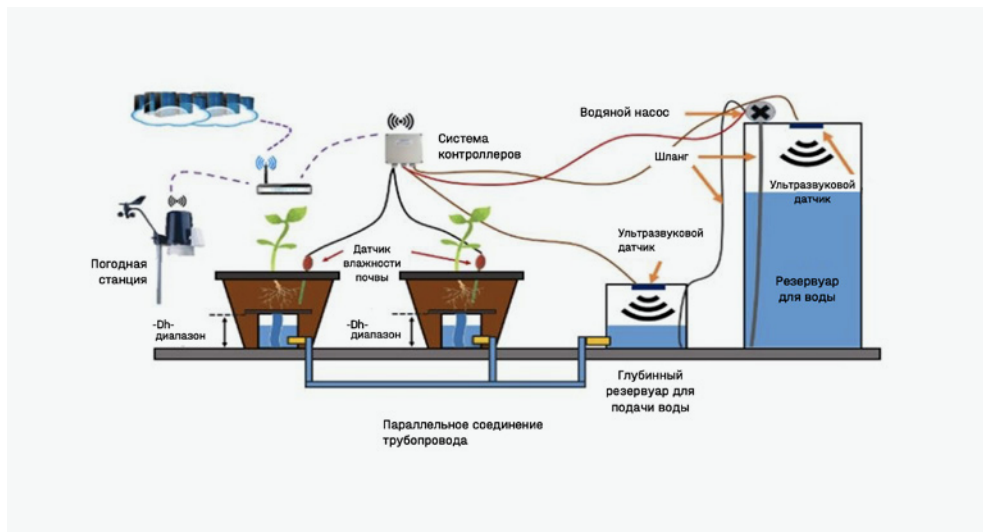


Рис. 26. Пример точной ирригации на поле с помощью дождевальной системы полива

Источник: intellias.com



10 Discover 5 Top Irrigation Solutions impacting the Agricultural Sector. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/discover-5-top-irrigation-solutions-impacting-agricultural-sector/> (дата обращения: 19.07.2023).

Стартапы в области интеллектуального орошения¹⁰

- **Итальянский стартап Idroplan** разрабатывает систему управления орошением для фермеров, выращивающих овощи и фрукты. Стартап устанавливает датчики, измеряющие температуру, влажность воздуха и почвы, влажность листьев и количество осадков, чтобы определить необходимую частоту полива в зависимости от вида культуры. Используя приложение Idroplan, фермеры получают постоянный доступ к своим данным для детального обзора полей.
- **Шри-ланкийский SenzAgro** разрабатывает системы микроорошения для открытого грунта, закрытого грунта и городского сельского хозяйства. Услуги компании включают в себя зондирование полей и окружающей среды, дистанционное планирование полива и разведку ферм. Кроме того, приложение SenzAgro дает фермерам возможность анализировать данные с полей и корректировать частоту полива и расход воды.
- **Индийский Agsmartic** разрабатывает систему планирования полива для оптимизации урожайности. В системе используются полевые датчики, измеряющие диэлектрическую влажность почвы, и данные спутниковой съемки. Сочетание сельскохозяйственных данных, собранных с помощью устройств Интернета вещей (IoT), дистанционного зондирования и NDVI-снимков, позволяет оптимизировать график полива.

11 От 20 до 40 % мирового производства продуктов питания «теряется» из-за вредителей и болезней растений. Источник: ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ, 2020. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире - 2020. Преобразование продовольственных систем для обеспечения финансовой доступности здорового питания. Рим, ФАО. <https://doi.org/10.4060/ca9692ru>.

3.2. Точный контроль заболеваний и вредителей. Обращение к алгоритмам искусственного интеллекта, машинного обучения, автоматизированная техника или БПЛА для аэрофотосъемки урожая позволяют оценить состояние растений, определить повреждения и конкретизировать болезни для предотвращения потери продукта¹¹. В настоящее время технологии для обнаружения болезней и вредителей растений на основе компьютерного зрения широко применяются в сельском хозяйстве.

- Принцип работы точного контроля заболеваний и вредителей таков: после распознавания образов через технологию компьютерного зрения алгоритм машинного обучения ищет характерные признаки болезней растений (мозаичное обесцвечивание, пятна и т. д.), чтобы идентифицировать проблему и подобрать лучший вариант ее решения (рис. 27). Беспилотные технологии выполняют рекомендацию только для конкретного растения, демонстрируя точечный подход к применению средств защиты растений (СЗР).

Рис. 27. Схема работы технологии ИИ — глубокого обучения для обнаружения заболеваний

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Plant diseases and pests detection based on deep learning: a review



12 ИИ-стартап AgroScout. URL: <https://agro-scout.com/pest-and-disease/> (дата обращения: 05.07.2023).

13 Изображения получены с помощью дронов и технологии машинного обучения. На фото показаны две разные проблемы, обнаруженные программным обеспечением для распознавания изображений с поддержкой ИИ.

Израильский ИИ-стартап AgroScout запустил программу, которая анализирует фотографии полей с дронов, определяет пораженные участки и передает данные фермеру. AgroScout использует технологии машинного зрения для анализа данных съемки с дронов. Искусственный интеллект обнаруживает, идентифицирует и отслеживает заболевания растений, распространение вредителей и прочие проблемы полевых культур. В работе задействуются также смартфоны с удобным пользовательским интерфейсом и дроны. Чтобы начать изучение конкретной территории, фермер выбирает ее в программе и запускает дрон; обследование 20,2 га земли занимает 20 минут. Дрон делает снимки растений с признаками заболеваний и вредителей в высоком разрешении, которые фермер затем загружает в облачный сервис AgroScout (рис. 28). Программа анализирует снимки и предоставляет фермеру данные с GPS-метками (рис. 29)¹².

Рис. 28. Фиксация повреждений и увядания урожая¹³

Источник: Farming with Artificial Intelligence Is Changing Our Food Supply

Рис. 29. Фрагмент пользовательского интерфейса приложения AgroScout

Источник: AgroScout



14 Салина Е. А. Технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-genomnogo-modelirovaniya-i-redaktirovaniya-dlya-resheniya-zadach-seleksii-rasteniy> (дата обращения: 06.07.2023).

3.3. Точная селекция. Ключевой технологией точной селекции является маркерная, или геномная селекция. Метод позволяет проанализировать возможные признаки новых растений с помощью молекулярных маркеров. Эти маркеры представляют собой короткие сегменты ДНК с известным местоположением в геноме, которые наследуются вместе с определенным признаком. Используя молекулярные маркеры, можно быстро и легко идентифицировать признаки, прежде чем они проявятся у взрослого растения. В результате, например, устойчивость к грибковым заболеваниям, вымоканию можно определить на ранних стадиях развития растений вне зависимости от факторов окружающей среды (рис. 30)¹⁴.

Рис. 30. Этапы геномной селекции растений

Источник: Салина Е. А. Технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений



- **Геномное редактирование** – это возможность адресных манипуляций с последовательностями ДНК генов, приводящих к изменению их функционального статуса. Комплекс методов, позволяющих проводить геномное редактирование, постоянно расширяется, в т. ч. в направлении увеличения точности редактирования при снижении сложности и стоимости проводимых работ. Применительно к геному растений методы редактирования позволяют расширить генетическое разнообразие благодаря активации или замолчанию генов. Это приводит к формированию новых генотипов, необходимых для адаптации к быстро меняющимся условиям окружающей среды или последствиям техногенных загрязнений, а также для решения задач, связанных с потребительскими свойствами продовольственных товаров.

15 Редактирование генома с CRISPR/Cas9. URL: <https://postnauka.ru/faq/59807> (дата обращения: 06.07.2023).

16 Публикация самого проекта по разработке и тестированию ИИ с технологией CRISPR/Cas13 — Wessels H. H., Stirn A., Méndez-Mancilla A. et al. Prediction of on-target and off-target activity of CRISPR-Cas13d guide RNAs using deep learning. Nat Biotechnol (2023). URL: <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01830-8> (дата обращения: 01.08.2023)..

17 ИИ и редактирование генома с CRISPR/Cas13. URL: <https://new-science.ru/kрупnyj-proryv-ii-v-sochetanii-s-crispr-obespechivaet-sverhtochnyj-kontrol-ekspressii-genov/> (дата обращения: 01.08.2023).

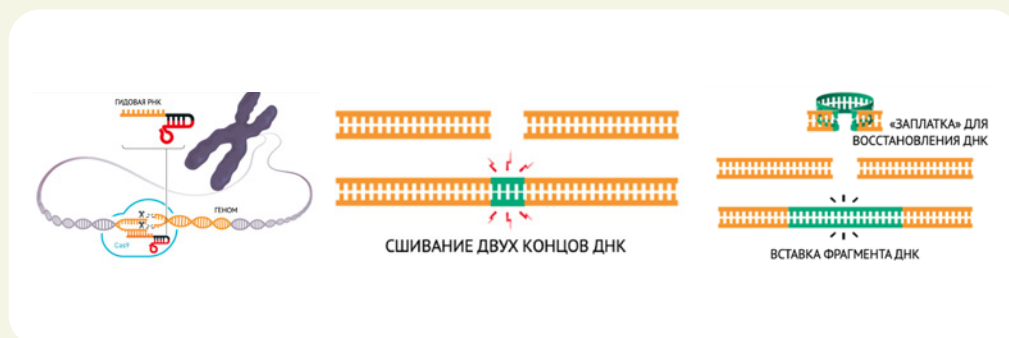
Наиболее высокоточная технология редактирования генома — CRISPR/Cas9

(технология кластеризованных, регулярно чередующихся коротких палиндромных повторов — «криспер»). В основе системы – особые участки бактериальной ДНК, короткие палиндромные кластерные повторы, между идентичными повторами располагаются отличающиеся друг от друга фрагменты ДНК — спейсеры, многие из которых соответствуют участкам геномов «вирусов» или организмов, паразитирующих на объекте. Нежелательный признак обнаруживается с помощью специализированных Cas-белков (CRISPR-associated sequence — последовательность, ассоциированная с CRISPR), связанных с CRISPR РНК. Если фрагмент признака записан в спейсере CRISPR РНК, Cas-белки разрезают «ненужную» ДНК и уничтожают ее (рис. 31). Чтобы исправить «неправильный» ген, нужен очень точный молекулярный «скальпель», который найдет мутантную последовательность нуклеотидов и сможет вырезать ее из ДНК. Именно это и делает Cas9¹⁵.

Новейшей технологией редактирования ДНК является CRISPR-Cas13. В 2023 году исследователи представили модель на базе технологии глубокого обучения — TIGER (Targeted Inhibition of Gene Expression via Guide RNA Design)¹⁶, которая эффективно и с высокой точностью предсказывает результат редактирования генов с помощью инструмента CRISPR-Cas13 (позволяет эффективно блокировать «ненужные» гены или удалять их)¹⁷.

Рис. 31. Модель редактирования генома с помощью технологии CRISPR/Cas9

Источник: Умный редактор генов, iq.hse.ru



- Точное редактирование генома позволяет получать семена и породы с повышенной урожайностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям (засухе, засолению почвы), может использоваться для выведения культур с повышенным содержанием витаминов, питательными веществами и минералами, для борьбы с заболеваниями и вредителями. Геномный майнинг новых биогенных веществ в геномах бактерий и грибов с использованием ИИ оптимизирует процессы переработки отходов сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

- 18 Руткин Н. М., Лагуткина Л. Ю., Лагуткин О. Ю. Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urbanizirovannoe-agroproduzvodstvo-siti-fermerstvo-kak-perspektivnoe-napravlenie-razvitiya-mirovogo-agroproduzvodstva-i-sposob> (дата обращения: 06.07.2023).

3.4. Интеллектуальное сити-фермерство – контролируемое экологическое сельское хозяйство, или структурно-интегрированный метод ведения сельского хозяйства в городской среде. Городские и тепличные методы (теплицы, вертикальные фермы, гидропоника, аэропоника) стали альтернативой традиционному сельскому хозяйству. С учетом высокого уровня развития цифровой инфраструктуры на таких фермах применение ИИ может произвести революцию в секторе. Благодаря искусственному интеллекту теплицы и городские фермы могут стать более эффективными, продуктивными и устойчивыми.

Сити-фермерство задействует источники искусственного света (LED), сенсоры, датчики, системы и элементы климатического контроля и поддержания заданных условий среды (охлаждение, обогрев, вентиляция, углекислый газ и т. д.), элементы систем гидропонии (гидропонные модули, стеллажи), аэропонии (модули, инжекторы) и аквапонии (резервуары, бассейны)¹⁸.

Основные технологии сити-фермерства:

- технологии интенсивного растениеводства (гидропоника, аэропоника и т. д.);
- вертикальные фермы (vertical farms) для выращивания растений или грибов без почвы;
- технологии интенсивного рыбоводства (аквакультура) на основе систем (установок) замкнутого водоснабжения;
- технологии рециркулятивной аквакультуры (recirculation aquaculture) для производства рыбы и нерыбных объектов промысла (раки, креветки);
- технология совмещенного рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства – аквапоника (в единой замкнутой системе).

Чаще всего сити-фермерство представлено **вертикальными фермами** – высокотехнологичными агропромышленными комплексами для выращивания сельскохозяйственных культур, в основном микрозелени, салата и некоторых овощей и ягод. В силу высокой урожайности, простоты в обслуживании, экономичности ресурсов и площадей вертикальные фермы делают доступнее свежие овощи, ягоды и зелень в районах с суровым климатом и в мегаполисах. Одно из главных преимуществ вертикального земледелия заключается в том, что его можно размещать в непосредственной близости к местам потребления продукции в городах. Это к тому же существенно снижает углеродный след за счет укорачивания транспортной составляющей и сокращения потерь сельхозпродуктов в цепочках поставок.

В вертикальных фермах, как правило, сочетается применение машинного обучения, системы поддержки принятия решений, а также интеллектуальных датчиков и автоматизированных систем капельного-точного полива. Это позволяет использовать на 95 % меньше воды, меньше удобрений и пищевых добавок, исключить пестициды, при этом увеличив производительность. Сейчас объем рынка вертикального фермерства равен скромным 5 млрд долларов, но при ожидаемых среднегодовых темпах роста до 25 % к 2030 году превысит 30 млрд.

Другое распространенное направление сити-фермерства, используемое в вертикальных фермах, – **гидропоника**, способ выращивания растений без почвы, при котором растение получает из раствора все необходимые питательные вещества в нужных количествах и точных пропорциях. Показатели состояния отдельно взятого растения считываются с помощью интеллектуальных датчиков, программное обеспечение обрабатывает данные, принимается соответствующее решение о проведении манипуляции – полива, прополки, доставки удобрений. Таким образом значительно повышается урожайность плодовых растений. Они не накапливают вредные и пагубно влияющие на человеческий организм элементы, содержащиеся в почве, не нуждаются в ежедневном поливе. Расход воды контролируется с помощью датчиков, полив производится при точном расчете для отдельно взятого растения.

В целом именно гидропоника в настоящее время лидирует на рынке сити-фермерства, который оценивается в 2 млрд долларов. Все технологии сити-фермерства реализуются внутри помещений, но в различных форматах и масштабах (рис. 32).

Рис. 32. Основные форматы сити-фермерства

Источник: ЦСР «Северо-Запад» с использованием изображений в открытом доступе



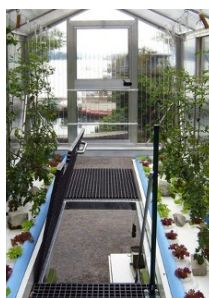
Вертикальные фермы



Теплицы (в т. ч. на крышах)



Домашние установки, grow box



Контейнерные фермы



Склады, переоборудованные производственные помещения

19 Грядки растут вверх. Вертикальные фермы расширяют экспансию в регионы. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39141-gryadki-rastut-vverkh-vertikalnye-fermy-rasshiryayut-ekspansiyu-v-regiony/> (дата обращения: 19.07.2023).

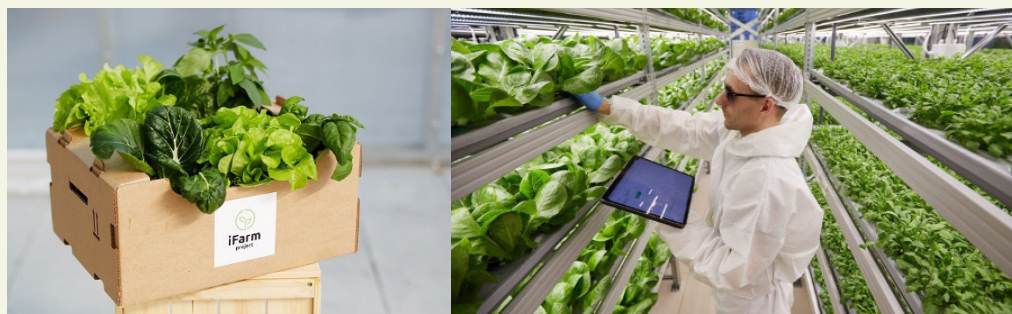
20 Между IT и грядками: история iFarm — компании, которая создает фермы будущего. URL: <https://kvazar.media/ifarm/> (дата обращения: 19.07.2023).

По прогнозу Центра отраслевой экспертизы Россельхозбанка, через семь лет российские вертикальные фермы будут производить до 20 000 т зеленных и овощных культур¹⁹.

Российская компания iFarm²⁰, начавшая свою деятельность в 2017 году, сейчас успешно продает два своих ключевых продукта — вертикальную ферму (ее концепцию и модули для выращивания) и технологию Growtune, основанную на искусственном интеллекте. Сама вертикальная ферма компании iFarm — это комплекс для выращивания плодов (овощей и фруктов), зелени, ягод в закрытом помещении, включающий стеллажи, ёмкости с питательным раствором (принцип гидропоники), датчики и камеры видеонаблюдения, системы с искусственным интеллектом, который тщательно следит за показателями датчиков и подстраивает микроклимат под требования и нужды растений. Сейчас в ассортименте есть салатная, клубничная, овощная фермы. Для каждого плода применяется своя технология выращивания. Сегодня умные вертикальные ИИ-фермы iFarm функционируют в 14 странах (не считая России): Норвегии, Швейцарии, Германии, Андорре, Финляндии, Катаре, Саудовской Аравии и ОАЭ (рис. 33).

Рис. 33. Вертикальная салатная ферма iFarm в Катаре, 2021

Источник: dfermer.ru



Точные методы ведения сельского хозяйства помогут повысить производительность сельхозпредприятия, уменьшить (и даже исключить) применение гербицидов (пестицидов), снизить потребление водных ресурсов и повысить урожайность благодаря «индивидуальному» отношению к посадке и уходу за определенной культурой в конкретных условиях одного поля.

4. Интеллектуальная система управления производством и логистикой

4.1. Система управления запасами и умная логистика

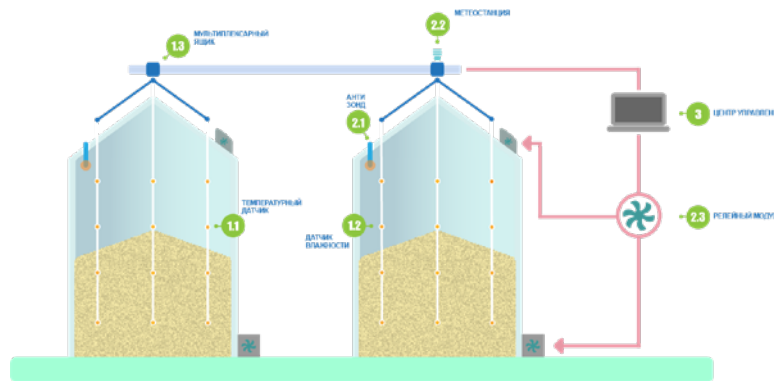
- **Система управления запасами.** До попадания на поле семена или посадочные материалы подвергаются различным внешним воздействиям, потенциально ухудшающим качество продукта. Технологические достижения в области сельского хозяйства открывают новые возможности для цифровизации и автоматизации всего логистического процесса.

21 WSN — беспроводная сенсорная, или беспроводная датчиковая сеть — распределенная самоорганизующаяся сеть из множества датчиков и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиоканала.

Например, системы на базе IoT с использованием WSN²¹ автоматизированно предоставляют актуальную информацию о хранении овощей или семян, позволяя программе на основе технологии интеллектуальной поддержки принятия решений контролировать процесс хранения и определять, какие продукты должны быть обработаны и/или утилизированы, чтобы избежать потерь и порчи больших объемов посевного материала (рис. 34).

Рис. 34. Схема организации умного хранения зерна

Источник: Центр промышленной автоматизации



Smart4agro — запущенный российскими предпринимателями облачный геоинформационно-аналитический сервис для принятия управленческих решений в области сельского хозяйства, контроля, анализа и прогноза состояния сельхозугодий. Показывает ситуацию на каждом поле в данный момент и до него, а также дает возможность спрогнозировать, что произойдет в будущем.

Проект **SmartStorage** — интеллектуальный сервис мониторинга хранилищ, который позволяет добиваться более длительных сроков хранения продукции без потери качества. Хранилища оснащаются системами интеллектуального мониторинга и управления процессами вентиляции, охлаждения, увлажнения, дезинфекции воздуха. Датчики передают данные в единую цифровую аналитическую систему, которая оповещает агрария с помощью push-уведомления о необходимости вмешательства (рис. 35).

Рис. 35. Интерфейс программы сбора аналитики в системе хранения Smart Storage

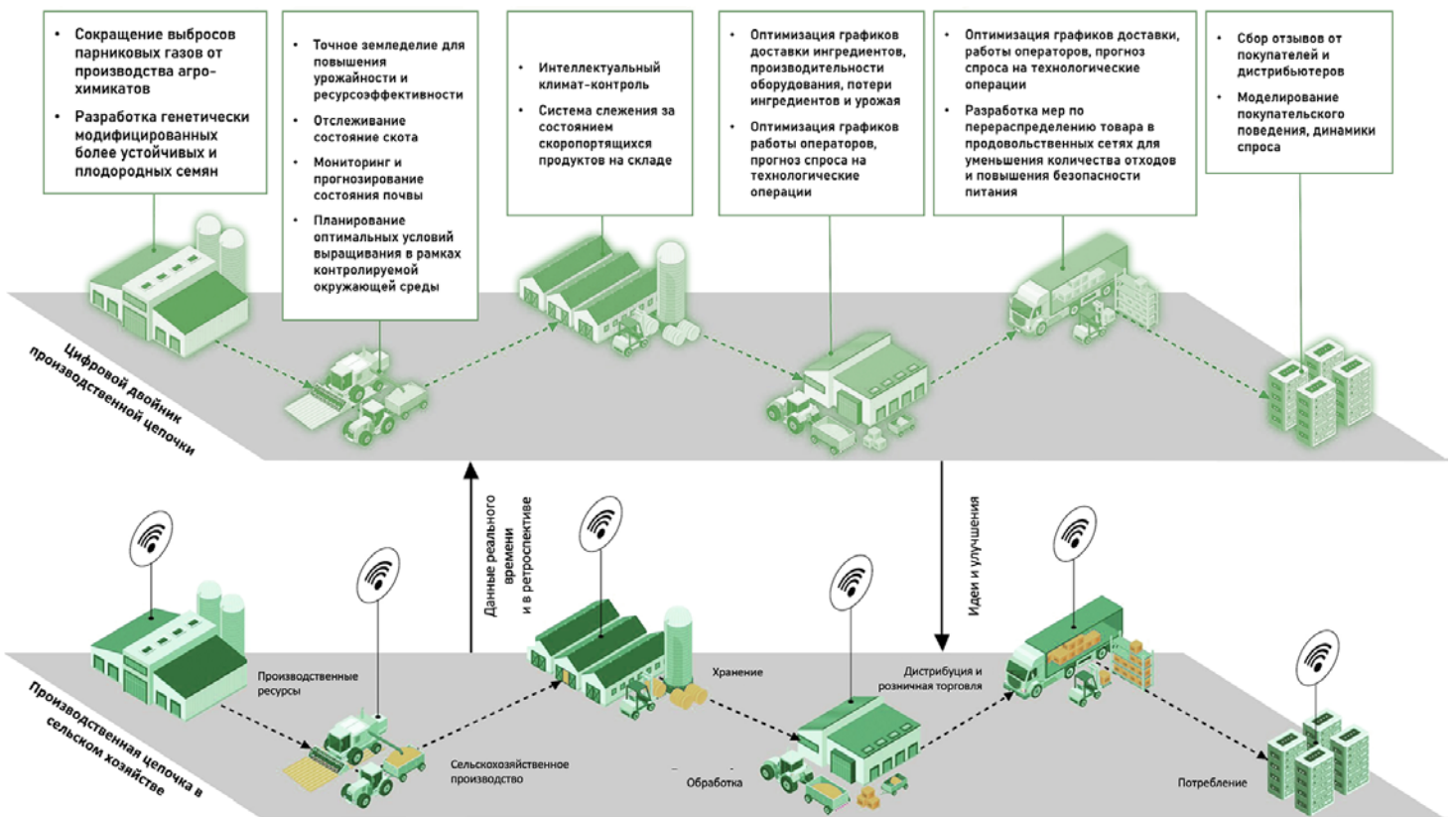
Источник: smart4agro.com



- Умная логистика** – способ совершенствования логистических процессов с помощью ведущих цифровых технологий и искусственного интеллекта. Транспортные операторы отслеживают важные параметры (время, температуру, влажность) внутри контейнеров для перевозки компонентов (овощные и зеленые культуры, продукция первичной и глубокой переработки продукции животного происхождения и т. д.) в режиме реального времени. Если какое-то значение превышает установленный предел безопасности, немедленно включается сигнал тревоги, датчики собирают информацию и передают ее в общую систему управления. Она, в свою очередь, формирует управленческое решение с помощью интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Благодаря умной логистике можно прогнозировать задержки в доставке продукции и реагировать, подключая активное охлаждение либо выстраивая более короткий маршрут (рис. 36).

Рис. 36. Умная логистика

Источник: ЦСР «Северо-Запад», Transforming agrifood production systems and supply chains with digital twins



Австралийский стартап AgriChain разработал простую в использовании и безопасную независимую платформу, соединяющую и передающую информацию между участниками цепочки поставок в АПК (рис. 37). Компания обеспечивает прозрачность в системе поставок, предоставляя единое программное обеспечение для фермерских хозяйств, логистических служб и игроков рынка сбыта. Благодаря этому AgriChain повышает общую производительность, управляет запасами, автоматизирует заказы на перевозку грузов и избавляет фермеров от необходимости заниматься документооборотом вручную.

Рис. 37. Интерфейс пользователя программы AgriChain

Источник: agrichain.com



Тайваньский стартап FOX TECH CO создал Temphawk, сенсорную систему для мониторинга и наблюдения за перемещением скоропортящихся продуктов от фермы до стола потребителя. Датчики Интернета вещей, встроенные в контейнеровозы, отслеживают и контролируют температуру и влажность и передают данные каждые 10 минут, обеспечивая оперативное обновление информации в приложении для смартфона (рис. 38). Комбинируя их с аналитическими данными, компания снижает потери качества в цепочках поставок сельскохозяйственной продукции.

Рис. 38. Интеллектуальный датчик контроля состояния продукции сельхозпроизводства

Источник: temphawk.net



Раздел 3

Ключевые вопросы для перехода отечественного сельского хозяйства на технологии искусственного интеллекта

Благодаря широкому распространению цифровых технологий в стране (и вопреки имеющимся барьерам для их внедрения в отрасли) сельское хозяйство в России становится всё более интеллектуальным, т. е. базирующемся на применении технологий искусственного интеллекта.

При оценке потенциала массовой интеллектуализации российского АПК необходимо принять во внимание ряд ключевых вопросов.

1. Оценка существующих технологических возможностей для перехода и внедрения ИИ в сельском хозяйстве

- На каком уровне находится цифровизация сельского хозяйства сегодня? Достаточно ли существующих онтологий и баз знаний в области ИИ в АПК для перехода отрасли к этапу масштабной интеллектуализации?

Для реализации потенциала технологий ИИ в отрасли необходимо создание многопредметной и мультидисциплинарной цифровой базы знаний по всем направлениям (агрономия, почвоведение, животноводство, менеджмент и пр.).

По мнению отраслевых экспертов²², процессы в отечественном сельском хозяйстве сегодня в значительной степени завязаны на ручном труде, а все данные о погоде, урожае, состоянии почвы и скота в большинстве хозяйств до сих пор собирают и анализируют вручную. Такие данные считаются невалидными, поскольку их невозможно быстро и достоверно обработать. Неполнота качественных агрономических данных, недостаточное оснащение хозяйств средствами механизации, ограниченный доступ отрасли к информации аграриев и дефицит финансирования становятся основными препятствиями для создания и внедрения в сельскохозяйственную отрасль облачных платформ и IoT-сервисов²³.

Агропромышленный комплекс России по сравнению с другими отраслями демонстрирует низкий уровень внедрения технологических решений на основе ИИ: лишь 2 % всех компаний используют в своем производстве технологии искусственного интеллекта (рис. 39).

22 В проведенной ЦСР «Северо-Запад» серии интервью с экспертами агропромышленного комплекса России отражены мнения, в частности, проректора по учебной работе Белгородского ГАУ, к.с.-х.н. Н. И. Клостер и директора по инновационному развитию и цифровизации ГК «Агро-Белогорье» С. С. Дмитрова.

23 Цифровизация сельского хозяйства в России не хватает данных. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/195648662> (дата обращения: 07.07.2023).

Рис. 39. Использование цифровых технологий в российских организациях по видам экономической деятельности (в процентах от общего числа организаций), %, 2021 (ранжирование по степени внедрения искусственного интеллекта в производство)

Источник: Статистический сборник «Индикаторы цифровой экономики: 2022», НИУ ВШЭ, 2023.



24 Машины или механизмы для уборки или обмолота сельскохозяйственных культур.

25 Оборудование для промышленного приготовления или производства пищевых продуктов или напитков.

26 GrowthLab. URL: <https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=186&queryLevel=location&product=undefined&year=2021&tradeDirection=import&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=1995> (дата обращения: 02.08.2023).

27 Населенные пункты России без интернета. URL: <https://iz.ru/1041574/marta-litvinova/obiat-neobiatnoe-25-tys-naselennykh-punktov-rossii-zhivut-bez-interneta-i-telefonii> (дата обращения: 07.07.2023).

28 Стоимость внедрения ИИ: примеры. URL: <https://vc.ru/flood/722765-bolee-2-mln-rublej-dorogo-li-vnedryat-iskusstvenny-intellekt-v-biznes> (дата обращения: 07.07.2023).

29 Цены на российский софт растут вне конкуренции.

30 Цифровизация повысит привлекательность малонаселенных сёл. URL: <https://rg.ru/2023/02/07/v-derevni-zakinut-set.html> (дата обращения: 07.07.2023).

31 Статистический сборник «Индикаторы цифровой экономики: 2022», НИУ ВШЭ, 2023.

32 Минэкономразвития и Минцифры обсудили план внедрения ИИ в сельском хозяйстве и транспортной отрасли. URL: https://digital.gov.ru/ru/events/42057/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f (дата обращения: 01.08.2023).

• **Способны ли отечественные технологии обеспечить технологизацию отрасли на следующем этапе?**

До 2022 года львиная доля оборудования для сельского хозяйства и пищевой промышленности закупалась у зарубежных предприятий. Так, в 2021 году импорт сельскохозяйственных машин²⁴ из «недружественных» стран составлял почти 68 %, оборудования для пищевой промышленности²⁵ – более 84 %, а информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) – 12,09 %²⁶.

• **Соответствует ли качество связи и масштаб распространения интернет-сети на сельскохозяйственных полях уровню, необходимому для интеллектуального АПК?**

Цифровая трансформация требует бесперебойной работы инфраструктуры телекоммуникаций, не всегда доступной на территориях масштабного сельхозпроизводства. Чтобы проложить локальную сеть, нужны серьезные финансовые вложения. Мобильные операторы не заинтересованы в проведении телекоммуникаций в отдаленные и малонаселенные районы, поэтому масштабная интернетизация сельских районов возможна исключительно через содействие государства. Развитие умных сёл и деревень должно стать для молодых специалистов стимулом переезжать в экологически чистые места и работать, имея доступ ко всем необходимым технологиям.

С 2013 по 2022 годы доля сельского населения с доступом к интернету выросла с 48,1 % до 85,6 %, т. е. почти в 1,8 раза. Для сравнения: охват интернетом городов увеличивается медленнее, с 69,4 % до 92 % за тот же период. Таким образом, разрыв между городами и сельской местностью сократился с 21,3 до 6,4 процентного пункта. Однако, по данным Минкомсвязи, более 25 000 населенных пунктов России численностью от 100 до 250 человек остаются отрезанными от услуг связи²⁷.

2. Оценка существующих финансовых возможностей для перехода и внедрения ИИ в сельском хозяйстве

• **Какова стоимость разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в реальное производство?**

Большие капитальные затраты ИИ на начальном этапе снижают у производителей стимул внедрять инновации. Стоимость небольшого проекта по разработке программного обеспечения на базе ИИ варьируется от 10 000 до 300 000 долларов, в то время как более крупные и сложные проекты могут стоить миллионы долларов²⁸. При этом эксперты прогнозируют увеличение стоимости разработки ПО на территории России на 30–40 % в связи с санкционными ограничениями²⁹. Несмотря на это, в долгосрочной перспективе от внедрения технологий ИИ в производственный процесс будет зависеть устойчивость предприятий.

• **Достаточно ли инвестиций в разработку цифровых решений для АПК?**

По мнению экспертов³⁰, общий объем инвестиций в отечественные АПК-проекты составляет сейчас около одного процента от мирового объема вложений. Причин для этого несколько: большая территория, сложности в оценке инвестиционной привлекательности, низкое качество интернета в некоторых регионах. По данным Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, в отраслях экономики наблюдается сильная дифференциация по уровню востребованности передовых цифровых технологий (рис. 40)³¹. Согласно оценкам Национального центра развития искусственного интеллекта при Правительстве РФ, технологии ИИ внедряют в аграрной отрасли только 12 % компаний (экономический эффект 2,7 млрд рублей), а в транспортной сфере – около 18 % предприятий (экономический эффект 15,8 млрд)³².

Рис. 40. Внутренние затраты российских организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг по видам экономической деятельности, млрд рублей, 2021



Источник: Статистический сборник «Индикаторы цифровой экономики: 2022», НИУ ВШЭ, 2023.

33 К примеру, в докладах Deloitte, PwC и др.

34 Как можно решить проблему нехватки специалистов в АПК. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4772215> (дата обращения: 03.08.2023).

35 Аграрное образование в контексте перехода к АПК 4.0. Анализ международного опыта. Рекомендации для России. URL: <https://iq.hse.ru/news/459392149.html> (дата обращения: 07.07.2023).

3. Оценка существующего кадрового потенциала для масштабной интеллектуализации и цифровизации сельскохозяйственной отрасли

• Достаточно ли существующей кадровой базы для трансформации отрасли?

Институт аграрных исследований НИУ ВШЭ и ряд консалтинговых компаний³³ называют нехватку сотрудников одной из ключевых проблем сельскохозяйственной отрасли. Опрос международной консалтинговой компании Deloitte зафиксировал недостаток специалистов для 94 % участников рынка³⁴. При этом число выпускников, получивших соответствующее образование, остается в нашей стране довольно высоким (рис. 41) – более 60 000 человек в 2019 году, почти на 30 % больше, чем в США (47 000)³⁵. Среди возможных причин нехватки кадров эксперты называют невысокий престиж аграрных профессий и нежелание жить в сельской местности, консерватизм аграрной образовательной системы и слабую «закрепляемость» выпускников в отрасли (рис. 42).

Рис. 41. Соотношение приема/выпуска студентов по профильным направлениям подготовки в колледжах и вузах в 2022, человек

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Росстата и Роструда

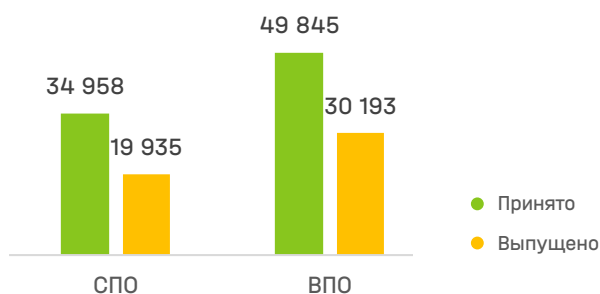
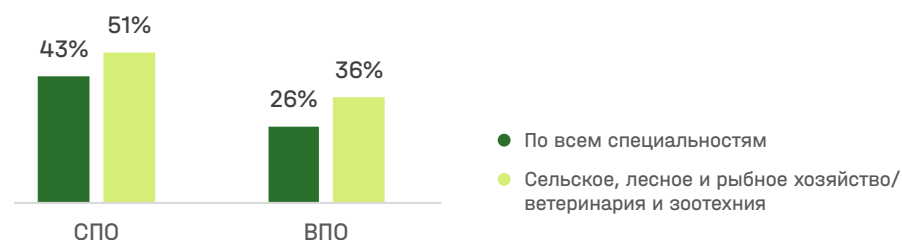


Рис. 42. Доля выпускников образовательных организаций России (2018–2020), чья основная работа не связана с полученной профессией, %

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным Росстата и Министерства науки и образования РФ



36 Искусственный интеллект становится ближе к земле: «Ростелеком» рассказал об опыте внедрения технологии в сельском хозяйстве. URL: <https://www.companu.rt.ru/press/news/d467298/> (дата обращения: 07.07.2023).

37 ЦСР «Северо-Запад» по данным экспертных интервью.

- **Нужно ли вводить новую управленческую позицию, которая будет отвечать за цифровизацию и интеллектуализацию на уровне управления отдельной компании?**

По данным исследования «Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве», проведенного АНО «Цифровая экономика», 34 % респондентов – представителей российских сельскохозяйственных предприятий планируют внедрять технологии ИИ, и только 16 % уже их применяли. Аналитики предполагают, что больше половины собственников бизнеса в России не знают о внедренных ИИ-решениях и их эффектах³⁶. Учитывая общее отставание от других отраслей по уровню цифровизации, встает вопрос о появлении в сельском хозяйстве новой кадровой позиции, отвечающей за стратегию и управления на основе данных в других секторах, например CDO (chef digital officer – «цифровой офицер»).

Сейчас сельскохозяйственная отрасль повсеместно сталкивается с тем, что сами аграрии недостаточно мотивированы на внедрение высших цифровых и автоматизированных систем в производство. Причина в низкой осведомленности об эффективности современных технологий³⁷.

- **Готова ли система отечественного аграрного образования способствовать переходу отрасли на следующий этап технологического развития? Способна ли образовательная система в АПК ответить актуальным вызовам и требованиям индустрии завтрашнего дня?**

Система подготовки кадров для сельского хозяйства сложилась к концу первой половины XX века, когда основной технологической задачей стал переход от ручного труда к машинному. Индустриализация и коллективизация сельского хозяйства были направлены на обеспечение продовольственной безопасности страны экстенсивным путем.

Направления и специальности подготовки кадров для АПК практически не изменились со времен Советского Союза (см. табл.), а по некоторым специальностям подготовка кадров прекратилась вовсе. При этом само образование ориентировано на массовый выпуск специалистов широкого профиля.

Таблица. Сравнительный анализ перечней специальностей и направлений обучения в сельском хозяйстве в СССР и в России

Источник: ЦСР «Северо-Запад» на основании Приказа № 790 от 17 ноября 1987 об утверждении перечня специальностей вузов СССР (Министерство высшего и среднего специального образования СССР), по данным Министерства образования РФ

1987	2022	
Агрохимия и почвоведение		
Агрономия		
Зоотехния		
Ветеринария		
Гидромелиорация		
Водные биоресурсы и аквакультура		
Промышленное рыболовство		
Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение	Инженерия в агробизнесе	
Электрификация и автоматизация сельского хозяйства		
Технология хранения и переработки зерна	Технология производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции	
Экономика и управление в отраслях химико-лесного комплекса	Экономика	
Экономика и управление в отраслях агропромышленного комплекса		
Плодоовощеводство и виноградарство	Садоводство	
Лесное и садово-парковое хозяйство	Технологии лесопромышленных производств	
Технология хлеба, кондитерских, макаронных изделий и пищевых концентратов	Технологии производства продуктов питания	
Технология сахаристых веществ		
Технология бродильных производств и виноделие		
Технология субтропических культур		
Технология жиров		
Технология консервирования		
Технология мяса и мясных продуктов		
Технология рыбных продуктов		
Технология молока и молочных продуктов		
Технология продукции общественного питания		
Товароведение продовольственных продуктов		
-		Биотехнология
-		Ландшафтная архитектура
Селекция и генетика сельскохозяйственных культур	-	

38 Мировыми лидерами в области научно-исследовательского развития цифровизации сельского хозяйства являются университеты и исследовательские центры Китая и ведущие исследовательские университеты Индии.

39 Подведомственные организации Министерства сельского хозяйства РФ. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/subordinates/> (дата обращения: 01.08.23).

Наблюдается несоответствие базовых программ и сложившейся системы аграрного образования месту сельского хозяйства в экономике страны, о чем свидетельствует критическое отставание уровня аграрного образования от мировых лидеров³⁸. Сегодня в России около 57 сельскохозяйственных вузов³⁹, но в глобальном рейтинге университетов QS по предметной области «Сельское хозяйство» за 2022 год присутствует всего один российский профильный вуз — РГАУ-МСХА (входит в группу университетов, занимающих места с 301-го по 350-е).

Одним из трендов трансформации мирового АПК становится формирование новой модели аграрного образования. Ее основные черты: междисциплинарность и развитие на стыке разных областей научных знаний, растущий в геометрической прогрессии объем научной информации, переход к «экономике знаний», главным ресурсом которой являются компетенции.

Сегодня обучение будущих специалистов в сфере информационных технологий в сельском хозяйстве осуществляют практически все ведущие сельскохозяйственные университеты страны, но говорить о высоком уровне подготовки кадров пока рано. Помимо программ, связанных исключительно с IT-технологиями, точно появляются междисциплинарные образовательные треки в области умного сельского хозяйства, включающие, например, генную инженерию в животноводстве, ИИ в сельском хозяйстве, робототехнику для аграрной отрасли (см. Приложение 1).

Но для масштабной трансформации отечественного сельского хозяйства необходимо полное обновление системы аграрного образования в партнерстве с производителями – и с ориентацией на новейшие технологии.

4. Оценка соответствия проектов и методов интеллектуального АПК этическим принципам и существующей нормативно-правовой базе

• Препятствуют ли этические принципы распространению ИИ-решений в АПК?

Системы искусственного интеллекта уже используются на предприятиях АПК для управления животными. Эти системы определяют температуру и массу тела, издаваемые звуки, скорость роста или наличие видимых проблем, могут назначать лечение болезней и дополнительное питание, оказывать физическое воздействие (например электрошоком) или даже рекомендовать забой. Учитывая потенциал и растущее распространение таких систем, вероятно, что в течение ближайших десятилетий подобные решения станут стандартом в промышленном сельском хозяйстве, а значит, начнут влиять на жизнь миллиардов животных.

С другой стороны, интеллектуальные системы потенциально могут сохранять животных благодаря бережному отношению и уходу за ними, а также сокращению их количества за счет выработки заменителей молочных и мясных продуктов.

Существующий в России Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта⁴⁰, разработанный Альянсом в сфере искусственного интеллекта, не содержит принципов и стандартов в отношении животных, а значит, вопрос ограничений в применении ИИ в АПК пока не ставится.

Другой ключевой этической проблемой является сбор, хранение и использование данных, полученных с помощью цифровых и интеллектуальных технологий. Важными становятся вопросы конфиденциальности данных аграриев и права собственности на них. Развитие, интеллектуализация и автоматизация сельского хозяйства, вероятно, окажет значительное влияние на рынок труда, ведь рутинные задачи, выполняемые сегодня вручную, в будущем станут полностью автоматизированы.

40 Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта. URL: https://ethics.a-ai.ru/assets/ethics_files/2023/05/12/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81_%D1%8D%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8_20_10_1.pdf (дата обращения: 02.11.2023).

• **Позволяет ли существующая нормативно-правовая база внедрять интеллектуальные технологии в сельскохозяйственное производство?**

Внедрение решений на основе ИИ при любых обстоятельствах сопровождается возникновением проблем юридического характера. Среди них:

- конфиденциальность данных;
- безопасность и ответственность;
- функционирование технологии больших данных (big data);
- интеллектуальная собственность.

Основная составляющая искусственного интеллекта – данные, причем именно их большое количество позволяет системе обучаться, развиваться и самостоятельно принимать решения.

41 Регулирование ИИ в мире и в России. URL: <https://ict.moscow/news/2022-ai-regulation/> (дата обращения: 02.11.2023).

В рейтинге Стэнфордского университета Россия занимает второе место по количеству принятых нормативных правовых актов в сфере ИИ («Индекс готовности государств к применению ИИ», Oxford Insights). Так, в России был принят Кодекс этики в сфере ИИ, важные для стимулирования развития технологий и решений в области искусственного интеллекта законопроекты, направленные на использование облачной инфраструктуры для построения моделей ИИ (Федеральный закон № 266-ФЗ), развитие инструментов государственно-частного партнерства в сфере ИИ (законопроект № 173246-8), развитие регулирования в сфере БПЛА (от 24 марта 2022 года №№ 462, 458) и т. д. Происходит активная стандартизация в сфере ИИ – на 2023 год принято уже более 40 ГОСТов в области применения искусственного интеллекта, до 2024 года планируется утверждение еще более 130 стандартов⁴¹.

42 Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0 [Текст]: докл. к XXI Агр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 / Н. В. Орлова, Е. В. Серова, Д. В. Николаев и др.; под ред. Н. В. Орловой; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. С. 97.

Министерство сельского хозяйства РФ разработало ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» сроком реализации на 2019-2024 годы. Цель проекта – цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда. Проект предусматривает цифровизацию не только хозяйствующих субъектов, но и самой системы управления АПК.

Инновации в АПК и внедрение новых моделей хозяйствования требуют выстраивания более гибкой системы нормативно-правового регулирования, способной своевременно адаптироваться к новым условиям. Особого внимания заслуживает проблема обеспечения согласованности российских и международных стандартов, развития международной кооперации в области сертификации и лицензирования⁴².

Раздел 4

Проекты, приближающие масштабное применение технологий ИИ в АПК

В разделе представлены примеры реализованных проектных решений и организационных подходов, которые приближают масштабное применение технологий искусственного интеллекта и других цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве. Сектор науки и образования способен стать интеллектуальным ядром перехода к сельскому хозяйству на базе ИИ, если будет обеспечено взаимодействие предметных научных групп и разработчиков интеллектуальных решений, а отрасль пополнится кадрами новой квалификации.

1. Стимулирование отраслевого и кадрового развития интеллектуально-сельскохозяйственного сектора через систему раннего вовлечения в профессию с уклоном в междисциплинарное, отраслевое и практико-ориентированное обучение

Механизмом развития интегрированной системы кадрового развития нового типа может стать создание **модельных колледжей в сельском хозяйстве**.

Модельный колледж – образовательная организация среднего профессионального образования, созданная в партнерстве с индустриальным представителем – ведущим региональным производителем, которая представляет систему точечной подготовки профессиональных кадров под запрос предприятия и с учетом региональной специфики. Профильное образовательное учреждение, работающее совместно с индустриальным партнером, способствует развитию кадрового потенциала и ускорению внедрения инноваций, решает проблему несоответствия практических компетенций будущих сотрудников конкретного производителя.

Модельная система среднего профессионального образования предполагает воронку раннего вовлечения кадров в отрасль и их удержание на всех этапах образования. Начиная со старшей школы, ученики погружаются в специфику работы современного сельского хозяйства, затем поступают в колледж при учреждении, которое заинтересовано не только в профессионалах среднего звена, но и в специалистах с высшим образованием. Так модельная система сокращает проблему выпадения кадров и удержания специалистов в профессиональной среде.

В основе деятельности модельного колледжа лежит система раннего вовлечения и профессионального роста в масштабе отрасли. Данная образовательная модель включает:

- профориентационные мероприятия и программы раннего вовлечения в профессию;
- систему отраслевого наставничества и рост профессорско-преподавательского состава;
- инновационные программы подготовки по направлению STEM⁴³, в т. ч. профильные курсы, школы, лаборатории и студии (в основе – наиболее перспективные технологии, искусственный интеллект и «цифра»);
- внутреннюю многопрофильную инфраструктуру.

Модельный тип колледжей — наиболее удачный пример организации образовательно-индустриального партнерства для учреждений СПО, которые тесно связаны с одним работодателем или группой компаний – заказчиком кадров. Обычно это крупное предприятие или кластер, готовый к долгосрочному кадровому заказу (например, 40 специалистов в год). Образовательную программу колледжа этого типа целесообразно подстраивать под запрос именно такого предприятия. Подобная подготовка поможет преодолевать кадровый дефицит в отрасли через вовлечение студентов в работу еще на этапе обучения, а также через знакомство с современными интеллектуальными технологиями и использование их в образовательной и практической деятельности.

- Специфика межотраслевого сотрудничества и научно-исследовательская направленность модельной системы среднего профессионального образования ускорит подготовку кадров необходимой квалификации под задачи интеллектуализации, внедрение инноваций на сельхозпроизводствах через привлечение бизнеса к научно-исследовательскому и образовательному процессу, что позволит системе аграрного образования идти в ногу с реальным сектором экономики. Подобная система в рамках СПО будет способствовать преодолению кадрового барьера – качественного и количественного дефицита сотрудников в аграрной отрасли на пути к массовой цифровизации и интеллектуализации АПК.

43 Образовательный подход – STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), модель, объединяющая естественные науки и инженерные предметы в единую систему. В ее основе интегрированный подход: биологию, физику, химию и математику изучают не по отдельности, а в тесной связи друг с другом для решения реальных технологических задач в сельском хозяйстве.

Создание передовых колледжей модельного типа возможно в рамках Федерального проекта «Профессионалитет», который поддерживает модернизацию и технологизацию субъектов системы среднего профессионального образования для обеспечения промышленности кадрами, отвечающими запросам рынка.

Так, через «Профессионалитет» на базе Корочанского сельскохозяйственного техникума реализован проект модельного колледжа (образовательно-производственного центра), индустриальным партнером которого стала группа компаний «Зеленая долина»⁴⁴ — агрохолдинг Белгородской области, специализирующийся на молочном животноводстве и производстве высококачественных кормов. Образовательный процесс в колледже организован при участии экспертов — наставников от агрохолдинга. На предприятии проходят семинары, лектории и практические занятия, студенты колледжа получают приоритет при приеме на работу.

44 Корочанский сельскохозяйственный техникум и «Зеленая долина». URL: <https://korshht.ru/prof2022/> (дата обращения: 30.08.23).

- В Корочанском сельскохозяйственном техникуме реализована дуальная система обучения — теоретическое обучение в колледже сопровождается практической деятельностью на производстве. Ответственность за качество подготовки делится между учебным заведением и предприятием.
- Практическая работа в техникуме реализуется в новых форматах: созданы опытно-экспериментальные школы по профильным направлениям (школа-поле, школа кормов, школа-ферма, школа-мастерская), обучающие студии узкопрофильных компетенций (студии ремесленного производства), комплекс исследовательских лабораторий (почвоведение, кормовое направление, генетика и др.).
- В образовательный процесс встроена система наставничества, где лучшие представители профессии сопровождают студентов во время обучения.
- Важной составляющей образовательных программ колледжа нового типа является предельная цифровизация. Кроме включения цифровой подготовки в базовые программы техникума, отдельно ведется подготовка ИТ-специалистов для АПК по направлениям: информационные системы и программирование, сетевое и системное администрирование и обеспечение информационной безопасности.
- Система профориентации и раннего вовлечения в профессию реализуется путем создания мобильного профориентационного офиса и агромастерских на базе профильных «школ» для детей младшего возраста.

Фокус на подготовку к профессиям будущего в техникуме поддерживается инфраструктурно. В 2024 году на базе техникума при поддержке администрации Белгородской области и ГК «Зеленая долина» будет построен «Агрокванториум» — инновационно-образовательная площадка и студенческий кампус. Помимо подготовки кадров для интеллектуального АПК (сетевой ветеринар, инженер интеллектуальных энергосистем, сити-фермер, агродиетолог и др.), «Агрокванториум» будет включать пространства для разработки и внедрения технологий — инновационную лабораторию молочного производства, фаблабы⁴⁵ «Сити-фермерство», «Сетевой ветеринар», «Агробот» и «Агродиетолог». Здесь станут обучать сыроделию, садоводству, пчеловодству и другим навыкам. Кроме того, в лабораториях будет вестись научно-исследовательская деятельность и воплощаться проекты по разработке мобильных сельхозплатформ, БПЛА для сельского хозяйства и др. «Агрокванториум» на базе Корочанского сельскохозяйственного техникума станет первым в России, его смогут посещать более тысячи школьников и студентов⁴⁶.

45 Фаблаб (от fabrication laboratory — производственная лаборатория) — открытая творческая мастерская прототипирования и 3D-моделирования для воплощения технических идей в жизнь; инструмент цифрового производства.

46 Агрокванториум. URL: <https://korshht.ru/12938-2/> (дата обращения: 13.09.2023).

47 В т. ч. инвесторы, корпорации, стартапы, исследователи, представители промышленности, правительства и университетов.

48 Платформа growAG. URL: <https://www.growag.com/> (дата обращения: 31.08.23).

2. Интеграция отраслевых игроков разного типа (наука, образование, правительство и бизнес) для создания партнерств интеллектуального АПК

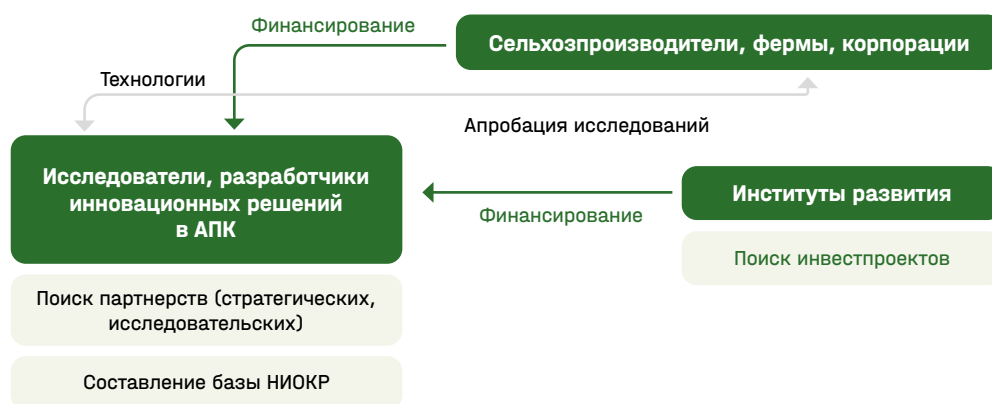
Одна из форм интеграции — **цифровая платформа**, которая создается для укрепления сотрудничества всех «инноваторов» и внедрения результатов инновационной деятельности в сельском хозяйстве. Платформа способствует появлению новых фронтальных проектов в области искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, объединяя ученых, разработчиков и инвесторов. С ее помощью⁴⁷ можно организовать команду или присоединиться к проекту, инвестировать или привлечь инвестиции, коммерциализировать или внедрить технологии, получить информацию об актуальных решениях в области сельского хозяйства.

В целях повышения интеллектуализации сельского хозяйства правительство Австралии запустило проект growAG – единую цифровую платформу⁴⁸ (рис. 43).

Единая сельскохозяйственная платформа

Рис. 43. Участники и возможности цифровой платформы growAG

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным growag.com



49 Robotics ready AI in Viticulture. URL: <https://www.growag.com/listings/research-project/robotics-ready-ai-in-viticulture> (дата обращения: 31.08.23).

С апреля 2021 года на площадке growAG было размещено уже более 2000 исследовательских проектов и свыше 40 проектов для привлечения финансирования. Большинство исследовательских и прикладных проектов внедрения ИИ в сельскохозяйственный производственный процесс представлено на платформе австралийскими университетами совместно с производителями – работниками реального сектора. Разнообразие тематик связано в основном с инновационными методами сельхозпроизводства (точный мониторинг урожая, дроны для зондирования полей, сельскохозяйственные роботы и др.). К примеру, совместный проект виноделов и сотрудников Сиднейского университета «Роботизированный искусственный интеллект в виноделии»⁴⁹ нацелен на внедрение полевых роботов, созданных на основе интеллектуальной роботизированной системы метеорологического и микроклиматического мониторинга для умного наблюдения за ростом и состоянием виноградной лозы.

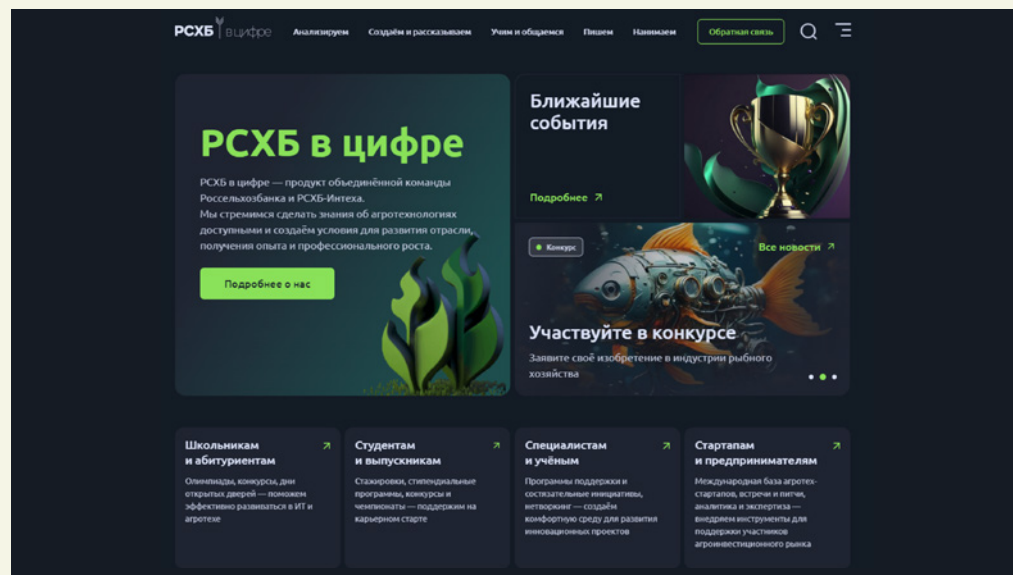
Цифровая платформа для инновационного развития и цифровизации российского сельского хозяйства «РСХБ в цифре»

50 Цифровая платформа «РСХБ в цифре». URL: <https://rshbdigital.ru/> (дата обращения: 31.08.23).

В России в 2022 году Россельхозбанк запустил проект «РСХБ в цифре»⁵⁰. Это цифровая платформа для IT-специалистов, где стартапы, инвесторы, корпорации, эксперты и научное сообщество могут объединить усилия для комплексного взаимовыгодного развития агротехнологий в России.

Рис. 44. Пользовательский интерфейс платформы «РСХБ в цифре»

Источник: rshbdigital.ru



Возможности цифровой платформы в сельском хозяйстве

1) Вовлечение молодежи в сельское хозяйство

а) Для студентов и выпускников на платформе «РСХБ в цифре» доступны программы IT-стажировок и практик в фермерских хозяйствах и в IT-подразделениях РСХБ, а также стипендиальные программы для учащихся технических и аграрных вузов.

б) Совместно с Фондом развития интернет-инициатив (ФРИИ) и Обществом «Знание» на платформе Россельхозбанка запущен студенческий агротех-акселератор. Участвовать могут студенты старших курсов бакалавриата, специалитета или магистратуры, а также аспиранты и молодые ученые, у которых есть собственные решения для развития технологий и сервисов на платформах экосистемы «Своё» от РСХБ или идеи по запуску агротехнологического стартапа. Избранные IT-решения будут внедрены в инфраструктуру банка для улучшения пользовательского опыта клиентов экосистемы «Своё».

в) На платформе размещена подборка образовательных программ в области программирования, сельского хозяйства, бизнес-менеджмента, видеолекции и подкасты, игры и тесты для самопроверки.

2) База знаний

а) Платформа предоставляет доступ к базе знаний, включающей материалы о современных технологиях и языках программирования, трансляции ключевых событий агротехнологической экспертизы, проводимых банком и партнерами.

б) В рамках аналитического сервиса «АгроБит» на платформе «РСХБ в цифре» представлена панель визуализации данных, где собраны сведения о многолетней динамике инвестиционной агротехактивности, распределении отраслевого финансирования по странам и привлечении инвестиций в российский сельскохозяйственный сектор.

3) Развитие и внедрение разработок в области инновационного АПК

а) Для стартапов и инвесторов на платформе представлен «АгроИнвестКлуб», закрытое сообщество инвесторов, готовых поддерживать инновационные проекты на стыке ИИ с АПК (вступление в клуб является платным).

3. Стимулирование междисциплинарных экспериментальных прорывных проектов во фронтальных научных областях

Одним из инструментов перехода агроотрасли на следующий технологический этап развития может стать реализация мультидисциплинарных проектов на стыке сельского хозяйства и искусственного интеллекта. Конкурс прорывных научных проектов BlueSkyResearch дает возможность находить потенциально прорывные решения в перспективной области, выявлять молодых талантливых исследователей и формировать рабочие команды. В дальнейшем подобный формат может быть основой для программ поддержки внедрения ИИ в прикладные отрасли.

Фонд поддержки инноваций и молодежных инициатив в партнерстве с Фондом «ЦСР «Северо-Запад» при содействии Правительства Санкт-Петербурга с 2021 года реализует проект «Blue Sky Research – Искусственный интеллект в науке». Это конкурс исследований фундаментальных основ, разработки и изучения научных принципов методами искусственного интеллекта и машинного обучения, которые впоследствии могут стать обоснованием прикладного исследования.

Проект включает два главных этапа: форсайт и проведение самого конкурса (рис. 45).

Рис. 45. Схема организации проекта BlueSkyResearch

Источник: ЦСР «Северо-Запад» и ФПИМИ, «Blue Sky Research – Искусственный интеллект в науке»



1. Форсайт с участием ведущих экспертов науки и бизнеса, по итогам которого определяются фронтальные научные тематики в определенной области знаний.

Цель форсайта – формирование образа научного будущего в новых и быстро развивающихся областях и поиск переднего края знаний и решений. Этап форсайта определяет научную тематику последующего конкурса Blue Sky Research (BSR).



Форсайт-сессия, инициированная Фондом поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга и Фондом «ЦСР «Северо-Запад» – «Фронтиры АгроФудТеха», состоялась в октябре 2022 года. По ее итогам были выделены наиболее перспективные направления исследований агропромышленных и пищевых технологий:

- инжиниринг ингредиентов и нутриентов;
- цифровые решения и роботы для АПК и пищевой промышленности;
- технологии переработки отходов сельскохозяйственной и пищевой промышленности;
- биофармпрепараты и инновационные средства защиты;
- климатические риски в АПК;
- растениеводство, генетика и селекция.

2. Blue Sky Research — конкурс высокорисковых научных исследований без привязки к конечному итогу или повестке дня. Их результаты могут применяться в самых неожиданных областях спустя многие годы. Конкурс носит экспериментальный характер (рис. 45):

- применяются экспериментальные критерии оценки, позволяющие оценить в первую очередь идею, прорывной характер и перспективы предлагаемого проекта молодого коллектива, а не опыт и научные звания. Это мотивирует молодых ученых самостоятельно ставить научную задачу, брать на себя ответственность за будущий результат или неудачу;
- производится двойная экспертная оценка: наряду с отраслевыми экспертами привлекаются профессионалы из сферы искусственного интеллекта;
- формирование команды реализации проектов производится в два этапа. Сначала научную задачу ставит «заказчик» — ученый, который формулирует гипотезу и описывает недостающие компетенции. Далее к этим задачам присоединяется «исполнитель» — исследователь, специалист в области ИИ и машинного обучения, который готов взять на себя задачи и решить их с применением искусственного интеллекта.

Рис. 45. Экспериментальный характер конкурса «Blue Sky Research - Искусственный интеллект в науке»

Источник: ЦСР «Северо-Запад» и ФПИМИ, «Blue Sky Research - Искусственный интеллект в науке»

 Экспериментальные критерии оценки	 Двойная экспертная оценка	 Экспериментальный формат									
<ul style="list-style-type: none"> • Междисциплинарность • Медийность • Тиражируемость • Новизна и оригинальность • Использование искусственного интеллекта • Реализуемость 	<p>Каждый проект оценивается как минимум двумя экспертами:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отраслевой эксперт (сельское хозяйство) • Эксперт по ИИ 	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="1015 1111 1222 1339"> Научные исследования Научный заказчик (исследователь в области сельского хозяйства, биотехнологий) </td> <td data-bbox="1230 1133 1270 1167" style="text-align: center; vertical-align: middle;">+</td> <td data-bbox="1310 1111 1495 1339"> Инструменты ИИ Научный исполнитель (специалист в области ИИ и машинного обучения) </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> Междисциплинарные исследования во фронтальных тематиках Решение научной задачи с использованием ИИ и МО - задел для следующих фундаментальных и прикладных НИОКР </td> </tr> </table>	Научные исследования Научный заказчик (исследователь в области сельского хозяйства, биотехнологий)	+	Инструменты ИИ Научный исполнитель (специалист в области ИИ и машинного обучения)				Междисциплинарные исследования во фронтальных тематиках Решение научной задачи с использованием ИИ и МО - задел для следующих фундаментальных и прикладных НИОКР		
Научные исследования Научный заказчик (исследователь в области сельского хозяйства, биотехнологий)	+	Инструменты ИИ Научный исполнитель (специалист в области ИИ и машинного обучения)									
											
Междисциплинарные исследования во фронтальных тематиках Решение научной задачи с использованием ИИ и МО - задел для следующих фундаментальных и прикладных НИОКР											

Конкурс сопровождается образовательными программами для участников.

- **Школа Principal Investigator (PI).** Principal investigator – руководитель научной группы, объединяющий в себе роли исследователя и менеджера. Он обладает знаниями в изучаемой области и понимает, как координировать работу коллектива, получать гранты на проведение исследований, развивать научную команду. Целью школы является приобретение молодыми учеными компетенций, необходимых лидерам команд. Участники конкурса знакомятся с принципами работы в высокорисковых направлениях, правилами управления командой исследователей, изучают стратегию поиска индустриальных партнеров и инвесторов и возможности публикации результатов исследований в ведущих мировых журналах.
- **Школа научной коммуникации и личного бренда ученого.** Цель проведения школы – продвижение и масштабирование научных проектов молодых исследователей, демонстрация значимости и актуальности развития личного бренда ученого на основе совместной работы с научными коммуникаторами и PR-специалистами над продвижением результатов научной деятельности.



Тема Blue Sky Research в 2023 году – «Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе (АПК) и пищевой промышленности». Конкурс длится девять месяцев, за это время ученые реализуют свои научные идеи от замысла до прототипа продукта и финальной презентации академическим экспертам и представителям бизнеса.

51 Полный перечень проектных заявок см. в Приложении 2

На конкурс было подано 80 заявок⁵¹ от научных заказчиков (из 18 городов России, 38 вузов и научных организаций) и 76 заявок от научных исполнителей (из 20 городов России, 36 вузов и научных организаций). По итогам подачи заявок сформировалась 61 команда, из них дальнейшую поддержку получили 10 команд (из пяти городов России, 13 вузов и научных организаций).

Рис. 46. Результаты отбора проектных заявок участников конкурса Blue Sky

Источник: «Blue Sky Research – Искусственный интеллект в науке», 2023

Методы и подходы

Система оценки двигательной активности кур как предиктора продуктивности на основе технологии искусственного интеллекта

Всего 7 заявок

Сервисы и инструменты

- Сезонное и долгосрочное прогнозирование вероятности засух и аномальной жары с применением методов искусственного интеллекта
- Разработка модели для прогнозирования эффективных катализаторов процесса электроокисления мочевины
- Методы машинного обучения в органолептике кофе
- Интеллектуальные технологии анализа больших данных для создания путеводителя по функциональным пищевым ингредиентам
- Создание мобильного приложения для бесконтактного определения живой массы свиней всех половозрастных групп

Всего 41 заявка

Инфраструктура для ИИ-НИОКР

- Искусственный интеллект и машинное обучение в задаче обнаружения генетических маркеров, связанных с важными фенотипами растений
- Разработка программы, анализирующей рост клеток для искусственного мясного продукта

Всего 11 заявок

Предметное применение

- Прогнозная оценка сорбционных свойств материалов, изготовленных из растительных отходов сельского хозяйства
- Генеративный дизайн новых высокоэффективных каталитических центров РНК-расщепляющих ДНКзимов для лечения вирусных заболеваний сельскохозяйственных культур

Всего 17 заявок

Рис. 47. Карта образовательных организаций высшего образования и научных организаций, проводящих исследования, нацеленные на развитие фронтальных направлений Сельского хозяйства 4.0⁵²

Источник: «Blue Sky Research – Искусственный интеллект в науке», 2023



52 Карта научных, образовательных и исследовательских центров России, проводящих исследования в области Сельского хозяйства 4.0. Карта сформирована на основе заявок на участие в конкурсе «Blue Sky Research 2023 – Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе (АПК) и пищевой промышленности»

Проекты, поддержанные в конкурсе Blue Sky Research 2023, представляют новые направления междисциплинарных исследований. Предлагаются новые подходы в применении технологий искусственного интеллекта, в частности машинного обучения в АПК. Проектная работа в междисциплинарных командах, реализуемая в конкурсе, способствует развитию фронтальных направлений на стыке ИИ-решений и АПК, приближает интеллектуализацию и технологический переход в сельскохозяйственной отрасли.

53 Указаны данные руководителей проектных команд с ролями «научный руководитель» / «научный заказчик».

Проекты - участники конкурса «Blue Sky Research 2023 - Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе (АПК) и пищевой промышленности»

1. Система оценки двигательной активности кур как предиктора продуктивности на основе технологии искусственного интеллекта

Ростов-на-Дону

Направление: Методы и подходы

Научный заказчик⁵³: Анна Сергеевна Фомина, к.б.н., доцент, Донской государственной технической университет

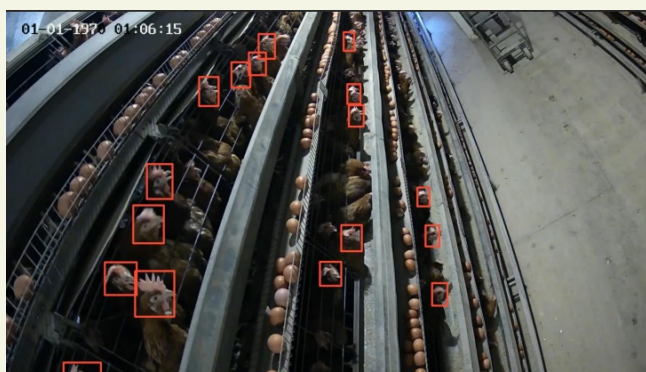
Научный исполнитель: Анна Анатольевна Складенко, к.т.н., доцент, Донской государственной технической университет

Краткое описание: проект предлагает бесконтактный подход к оценке состояния сельскохозяйственных птиц с помощью видеосъемки микродвижений головы курицы. Итоговая информационная система на основе нейронных сетей и видеоданных будет предоставлять информацию о стрессовом или спокойном состоянии птицы, что в дальнейшем сможет оказать влияние на такие характеристики, как яйценоскость, вес, потребление кормов и др. (рис. 48)

Ожидаемый эффект от реализации: предотвращение снижения продуктивности кур из-за влияния стрессовых факторов

Рис. 48. Работа информационной системы для анализа состояния кур

Источник: Blue Sky Research 2023



2. Сезонное и долгосрочное прогнозирование вероятности засух и аномальной жары с применением методов искусственного интеллекта

Москва

Направление: Сервисы и инструменты

Научный заказчик: Дмитрий Геннадьевич Чечин, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН

Научный исполнитель: Александр Владимирович Тимажев, младший научный сотрудник, Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН

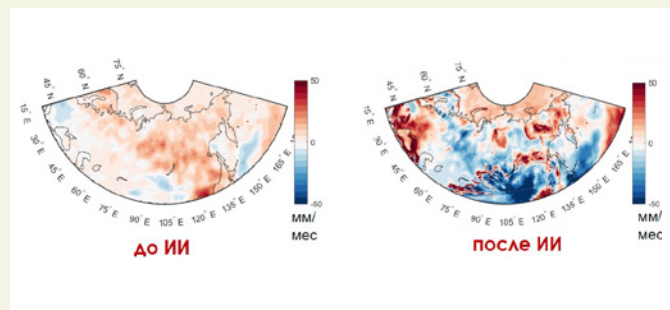
Краткое описание: проект предполагает прогнозирование значений индексов засушливости и условий аномальной жары для разных регионов РФ на основе анализа множества характеристик: температурных аномалий, индексов атмосферной и стратосферной циркуляции и др. (рис. 49)

Ожидаемый эффект от реализации: возможность сократить ущерб от засух на 20 % и увеличить эффективность посевной на 10 %

- Увеличение оправдываемости прогноза: >70 %
- Увеличение пространственного разрешения: до 30 км
- Уменьшение ресурсоемкости: на порядок

Рис. 49. Карта осадков в июне в XXI веке. Климатический масштаб эффектов от реализации проекта

Источник: Blue Sky Research 2023



3. Разработка модели для прогнозирования эффективных катализаторов процесса электроокисления мочевины

Санкт-Петербург

Направление: Сервисы и инструменты

Научный заказчик: Елена Федоровна Кривошапкина, д.х.н., руководитель лаборатории, Университет ИТМО

Научный исполнитель: Анна Сергеевна Фомкина, магистр, Университет ИТМО

Краткое описание: программа для подбора эффективных катализаторов, выбор которых основан на их составе и функциональных особенностях (программа работает с помощью технологии машинного обучения). Пользователь вводит параметры эксперимента электроокисления мочевины, а получает предсказание оптимального состава катализатора (рис. 50)

Ожидаемый эффект от реализации: расширение предлагаемого химического пространства, оптимизация процесса подбора катализатора под конкретное ТЗ, возможность использования сервиса исполнителями без опыта работы с технологией машинного обучения

Рис. 50. Цифровая платформа ElecCat

Источник: Blue Sky Research 2023



4. Методы машинного обучения в органолептике кофе

Красноярск / Санкт-Петербург

Направление: Сервисы и инструменты

Научный заказчик: Иван Алексеевич Тимофеенко, к.ф.-м.н., доцент, Сибирский федеральный университет

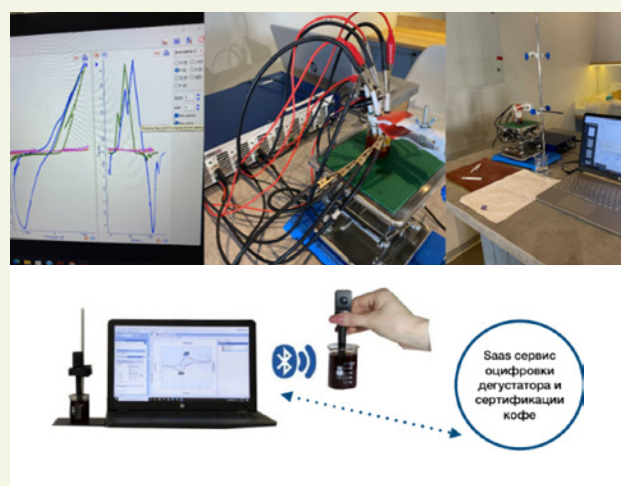
Научный исполнитель: Александр Сергеевич Агликов, младший научный сотрудник, Университет ИТМО

Краткое описание: проект исследует химические характеристики напитка, соотнося их с параметрами человеческого восприятия (описаниями профессиональных кофейных сомелье). Итоговая программа на основе данных амперограммы сможет предсказать, каким будет вкус кофе (рис. 51)

Ожидаемый эффект от реализации: повышение общего уровня кофейной индустрии в России благодаря новому объективному методу контроля органолептических свойств кофе.

Рис. 51. Сенсор для оценки органолептических свойств кофе при помощи машинного обучения

Источник: Blue Sky Research 2023



5. Интеллектуальные технологии анализа больших данных для создания путеводителя по функциональным пищевым ингредиентам

Москва / Санкт-Петербург

Направление: Сервисы и инструменты

Научный заказчик: Игорь Алексеевич Никитин, д.т.н., завкафедрой ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)»

Научный исполнитель: Артемий Михайлович Зенкин, ассистент, Университет ИТМО

Краткое описание: проект предполагает создание программы для подбора ингредиентов на основе разработанной методики оценки органолептических свойств, а также исследования взаимосвязи метаболитов с рецепторами и других закономерностей (рис. 52)

Ожидаемый эффект от реализации: замена химически синтезированных пищевых добавок на ингредиенты, получаемые на основе природных компонентов, с помощью ПО для поиска молекул с целью регулирования вкуса продукта на основе машинного обучения

Рис. 52. Работа алгоритма по поиску молекул для регуляции вкуса

Источник: Blue Sky Research 2023



6. Создание мобильного приложения для бесконтактного определения живой массы свиней всех половозрастных групп

Пенза / Санкт-Петербург

Направление: Сервисы и инструменты

Научный заказчик: Елена Анатольевна Зыкина, к.с.-х.н., доцент, Пензенский государственный аграрный университет

Научный исполнитель: Дмитрий Ильич Каплун, к.т.н., доцент, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Краткое описание: разработка программно-аппаратного комплекса по автоматическому учету веса и количества животных, устанавливаемого в местах перегона свиней, на основе технологий компьютерного зрения и алгоритмов машинного обучения (рис. 53)

Ожидаемый эффект от реализации: существенное уменьшение экономических потерь, возникающих в результате неверного учета количества и массы животных, снижение трудоёмкости этих операций, повышение качества продукции за счет улучшения состояния животных

Рис. 53. Интерфейс приложения для бесконтактного анализа веса свиней

Источник: Blue Sky Research 2023



7. Искусственный интеллект и машинное обучение в задаче обнаружения генетических маркеров, связанных с важными фенотипами растений

Санкт-Петербург

Направление: Инфраструктура для ИИ-НИОКР

Научный заказчик: Ярослав Алексеевич Тырыкин, магистр, СПбПУ Петра Великого

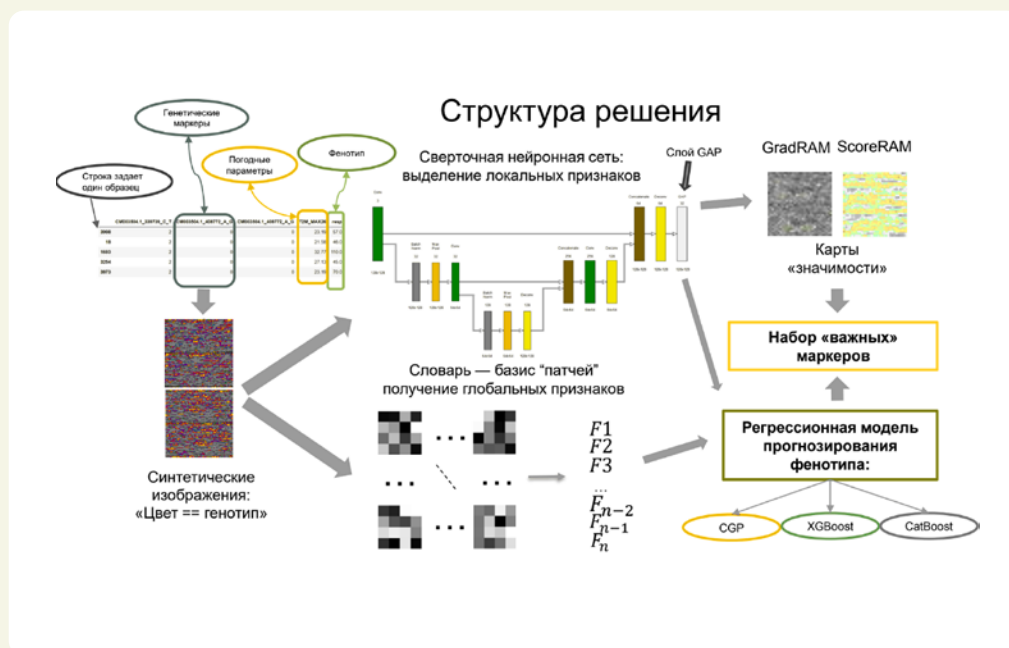
Научный исполнитель: Михаил Петрович Банкин, научный сотрудник, СПбПУ Петра Великого

Краткое описание: проект предполагает создание программы для обработки данных о генетическом коде и признаках фенотипа растений в изменяющемся климате, учитывающей погодные факторы за период в три-четыре недели (рис. 54)

Ожидаемый эффект от реализации: ускорение процесса геномной селекции, получение маркеров, имеющих большее влияние на фенотипические параметры растений

Рис. 54. Схема обработки генетических данных растений

Источник: Blue Sky Research 2023



8. Разработка программы, анализирующей рост клеток для искусственного мясного продукта

Ростов-на-Дону

Направление: Инфраструктура для ИИ-НИОКР

Научный заказчик: Евгения Юрьевна Кириченко, д.б.н., завкафедрой, Донской государственной технической университет

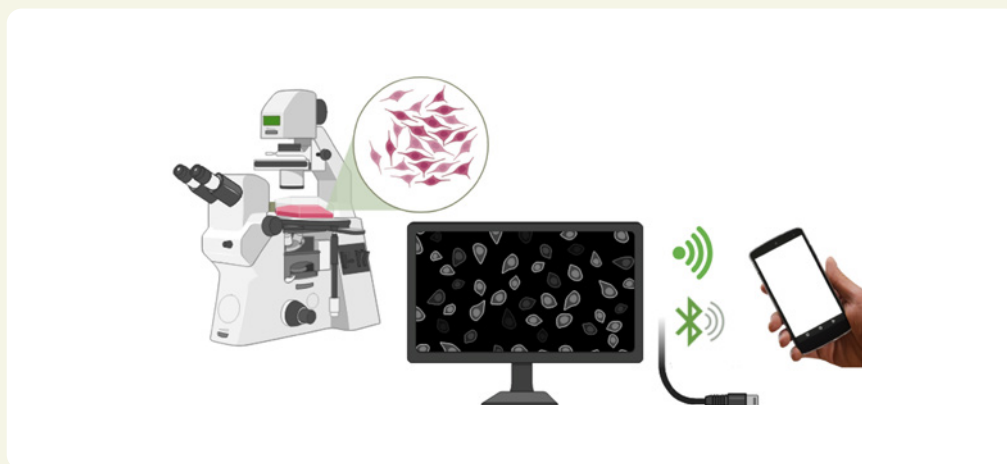
Научный исполнитель: Михаил Викторович Петрушан, директор ООО «Вижнтех»

Краткое описание: программа для анализа микрофотографии клеточного роста мяса и отслеживания динамики (произошло ли увеличение количества клеток), автоматизирующая рутинный процесс наблюдения. Продукт будет представлять собой ПО для интеграции в отечественное оборудование (рис. 55)

Ожидаемый эффект от реализации: повышение доступности исследований микрофотографии клеточного роста, снижение стоимости и ускорение проведения исследования (за пять минут). Разработка прямого автоматического подсчета клеток без открепления и окрашивания с возможностью работы при помощи смартфона

Рис. 55. Визуализация идеи работы программы анализа микрофотографии клеточного роста

Источник: Blue Sky Research 2023



9. Прогнозная оценка сорбционных свойств материалов, изготовленных из растительных отходов сельского хозяйства

Санкт-Петербург

Направление: Предметное применение

Научный заказчик: Юлия Александровна Смятская, к.т.н., доцент, СПбПУ Петра Великого

Научный исполнитель: Татьяна Юрьевна Кудрявцева, д.э.н., доцент, профессор, СПбПУ Петра Великого

Краткое описание: программа для предсказания сорбционной ёмкости, а также потенциала использования материалов на основе растительных отходов сельского хозяйства для очистки загрязнений воды тяжелыми металлами и нефтепродуктами (рис. 56)

Ожидаемый эффект от реализации: повышение общего процента перерабатываемых отходов АПК, снижение экологической нагрузки через интеллектуализацию и автоматизацию переработки растительных отходов

Рис. 56. Перспективные направления развития проекта

Источник: Blue Sky Research 2023



10. Генеративный дизайн новых высокоэффективных каталитических центров РНК-расщепляющих ДНКзимов для лечения вирусных заболеваний сельскохозяйственных культур

Санкт-Петербург

Направление: Предметное применение

Научный заказчик: Никита Сергеевич Серов, ассистент, Университет ИТМО

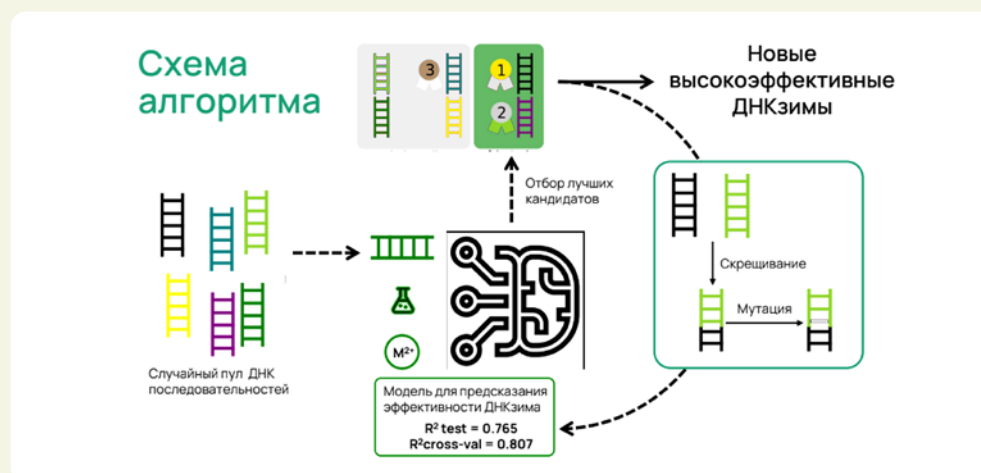
Научный исполнитель: Мария Александровна Еремеева, магистр, Университет ИТМО

Краткое описание: в основе проекта лежит алгоритм, подбирающий эффективные антивирусные ДНК-конструкции под конкретные заболевания сельскохозяйственных культур (рис. 57)

Ожидаемый эффект от реализации: виртуальный скрининг ДНК-последовательностей позволит использовать более эффективные ДНКзимы, сократить стоимость и время разработки и поиска новых ДНКзимов

Рис. 57. Схема алгоритма для подбора ДНК

Источник: Blue Sky Research 2023



Переход конкурса Blue Sky Research из экспериментального формата в регулярный, его масштабирование по числу участников и проектов позволит вовлечь их в задачи трансформации отрасли – перехода от классических моделей ведения хозяйствования к аграрной деятельности на основе применения передовых интеллектуальных решений.

Появление проектов сотрудничества образовательных, научных и отраслевых организаций формирует новые точки роста для дальнейшей трансформации сельского хозяйства в интеллектуальный сектор. Искусственный интеллект значительно повысит производительность в сельском хозяйстве за счет сокращения невозвратных отходов, оптимизации использования ресурсов и автоматизации задач. В результате аграрные предприятия смогут производить больше продуктов питания с меньшими затратами ресурсов и труда. Внедрение нового пакета технологий ИИ (алгоритмы, сенсоры, роботизированные системы, Интернет вещей и др.) в сельском хозяйстве позволит высвободить значительную добавленную стоимость в секторе.

Развитие сельского хозяйства – не только фактор конкурентоспособности экономики страны, но и важная составляющая национальной безопасности. Необходимо найти ответы на вопросы, связанные с переходом отечественного сельского хозяйства на технологии ИИ с учетом уже имеющегося опыта реализации проектов интеллектуального АПК.

Библиография

- Аграрное образование в контексте перехода к АПК 4.0. Анализ международного опыта. Рекомендации для России. URL: <https://iq.hse.ru/news/459392149.html> (дата обращения: 07.07.2023).
- Аграрное образование в России. Решение кадрового вопроса в эпоху АПК 4.0. URL: <https://iq.hse.ru/news/459392149.html> (дата обращения: 01.06.2023).
- План действий REE (2017) Министерства сельского хозяйства США.
- Стратегический план развития науки в сельском хозяйстве и агропродовольственной сфере Канады (2022). Agriculture and Agri-Food Canada's Strategic Plan for Science. URL: <https://agriculture.canada.ca/en/science/scientific-research-and-collaboration-agriculture/agriculture-and-agri-food-canadas-strategic-plan-science> (дата обращения: 01.09.2023).
- Грядки растут вверх. Вертикальные фермы расширяют экспансию в регионы. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39141-gryadki-rastut-vverkh-vertikalnye-fermy-rasshiryayut-ekspansiyu-v-regiony/> (дата обращения: 19.07.2023).
- Заявление о национальной политике в области инноваций в сельском хозяйстве (2021) Правительства Австралии.
- ИИ и редактирование генома с CRISPR/Cas13. URL: <https://new-science.ru/krupnyj-proryv-ii-v-sochetanii-s-crispr-obespechivaet-sverhtochnyj-kontrol-ekspressii-genov/> (дата обращения: 01.08.2023).
- ИИ-стартап AgroScout. URL: <https://agro-scout.com/pest-and-disease/> (дата обращения: 05.07.2023).
- Искусственный интеллект становится ближе к земле: «Ростелеком» рассказал об опыте внедрения технологии в сельском хозяйстве. URL: <https://www.companu.ru/press/news/d467298/> (дата обращения: 07.07.2023).
- Как можно решить проблему нехватки специалистов в АПК. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4772215> (дата обращения: 03.08.2023).
- Корочанский сельскохозяйственный техникум и «Зеленая долина». URL: <https://korsht.ru/prof2022/> (дата обращения: 30.08.23).
- Между IT и грядками: история iFarm — компании, которая создает фермы будущего. URL: <https://kvazar.media/ifarm/> (дата обращения: 19.07.2023).
- Минэкономразвития и Минцифры обсудили план внедрения ИИ в сельском хозяйстве и транспортной отрасли. URL: https://digital.gov.ru/ru/events/42057/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f (дата обращения: 01.08.2023).
- Населенные пункты России без интернета. URL: <https://iz.ru/1041574/marta-litvinova/obiat-neobiatoe-25-tys-naselennykh-punktov-rossii-zhivut-bez-interneta-i-telefonii> (дата обращения: 07.07.2023).
- Подведомственные организации Министерства сельского хозяйства РФ. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/subordinates/> (дата обращения: 01.08.23).
- Презентация компании ООО «ГК Агро-Белогорье» и НОЦ «Инновационные решения в АПК», октябрь 2022. URL: <https://agobel.ru/innovation/digitalization/> (дата обращения: 05.07.2023).
- Редактирование генома с CRISPR/Cas9. URL: <https://postnauka.ru/faq/59807> (дата обращения: 06.07.2023).
- Руткин Н. М., Лагуткина Л. Ю., Лагуткин О. Ю. Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urbanizirovannoe-agroproduzvodstvo-siti-fermerstvo-kak-perspektivnoe-napravlenie-razvitiya-mirovogo-agroproduzvodstva-i-sposob> (дата обращения: 06.07.2023).
- Салина Е. А. Технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-genomnogo-modelirovaniya-i-redaktirovaniya-dlya-resheniya-zadach-selekcii-rasteniy> (дата обращения: 06.07.2023).
- Система SMARTBOW – прогностическая ценность по здоровью каждой коровы. URL: <https://souzmoloko.ru/news/novosti-company-souzmoloko/SMARTBOW-prognosticheskaja-cennost-po-zdorovju-kazhdoj-korovy.html> (дата обращения: 05.07.2023).
- Статистический сборник «Индикаторы цифровой экономики: 2022», НИУ ВШЭ, 2023.
- Умное растениеводство. URL: <https://iot.ru/wiki/umnoe-rastenievodstvo> (дата обращения: 30.06.2023).
- ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. 2020 год. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2020. Преобразование продовольственных систем для обеспечения финансовой доступности здорового питания. Рим, ФАО. <https://doi.org/10.4060/ca9692ru> (дата обращения: 05.07.2023).
- Цифровая платформа «РСХБ в цифре». URL: <https://rshbdigital.ru/> (дата обращения: 31.08.23).
- Цифровая платформа для мониторинга сельскохозяйственных угодий. URL: <https://landscan.ai/> (дата обращения: 30.06.2023).

Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/195648662> (дата обращения: 07.07.2023).

Цифровизация повысит привлекательность малонаселенных сел. URL: <https://rg.ru/2023/02/07/v-derevni-zakinut-set.html> (дата обращения: 07.07.2023).

Что такое STEM-образование и почему компании ценят таких специалистов. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/5f6399a69a79471ec02bfe4f> (дата обращения: 31.08.23).

A Vanishing Breed: How the Decline in U.S. Farm Laborers Over the Last Decade Has Hurt the U.S. Economy and Slowed Production on American Farms. URL: <https://www.newamericaneconomy.org/news/ten-year-decline-u-s-farm-labor-cost-u-s-economy-3-1b-annually-crop-production-report-shows/> (дата обращения: 01.08.2023).

AgriScience Program - Projects. URL: <https://agriculture.canada.ca/en/programs/agriscience-projects> (дата обращения: 01.09.2023).

Discover 5 Top Irrigation Solutions impacting the Agricultural Sector. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/discover-5-top-irrigation-solutions-impacting-agricultural-sector/> (дата обращения: 19.07.2023).

growAG. URL: <https://www.growag.com/> (дата обращения: 31.08.23).

Growth Lab. URL: <https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=186&queryLevel=location&product=undefined&year=2021&tradeDirection=import&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=1995> (дата обращения: 02.08.2023).

Lely Astronaut A5. URL: <https://www.lely.com/ru/solutions/milking/astronaut-a5> (дата обращения: 05.07.2023).

Real-Time Yield Predictor System. URL: <https://grundo.io/> (дата обращения: 04.07.2023).

Robotics ready AI in Viticulture. URL: <https://www.growag.com/listings/research-project/robotics-ready-ai-in-viticulture> (дата обращения: 31.08.23).

Smart Irrigation in Agriculture: How IoT Takes AgTech to the Next Level. URL: <https://intellias.com/smart-irrigation-in-agriculture/> (дата обращения: 19.07.2023).

Sridhar A., Balakrishnan A., Jacob M. M., et al. Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-19358-w> (дата обращения: 01.08.2023).

The Center for Digital Agriculture (CDA) at the University of Illinois at Urbana-Champaign and The Artificial Intelligence for Future Agricultural Resilience, Management, and Sustainability (AIFARMS). URL: <https://aifarms.illinois.edu/> (дата обращения: 29.08.23).

Wessels H. H., Stirn A., Méndez-Mancilla A., et al. Prediction of on-target and off-target activity of CRISPR-Cas13d guide RNAs using deep learning. Nat Biotechnol (2023). URL: <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01830-8> (дата обращения: 01.08.2023).

Приложение 1

Подготовка кадров в российских университетах для сельского хозяйства будущего

Профессии будущего в сельском хозяйстве	Какие вузы обучают
<p>ГМО-агроном Занимается изменением генов сельскохозяйственных растений</p>	<p>Бакалавриат - направление «Селекция и генетика сельскохозяйственных культур» в РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, КубГАУ, Воронежском ГАУ, Новосибирском ГАУ, Омском ГАУ и Вавиловском университете - направление «Сельскохозяйственная биотехнология» в Башкирском ГАУ, ПетрГУ</p> <p>Магистратура - направление «Генетика растений и агробиотехнология» в НГУ, АГУ, КФУ им. В. И. Вернадского</p>
<p>Архитектор Big Data Следит за подсчетами показателей эффективности, например годовой урожайности, анализирует решения для сельскохозяйственного бизнеса и помогает ему со стратегией развития</p>	<p>Бакалавриат - направление «Большие и открытые данные» в Московском политехе - направление «Бизнес-аналитика» в КНИТУ, РТУ МИРЭА, МГУ им. Н. П. Огарёва - направление «Анализ данных» в МТУСИ</p> <p>Магистратура - направление «Анализ данных и искусственный интеллект» в РАНХиГС - направление «Большие данные и машинное обучение» в Университете ИТМО, НИУ ВШЭ и ТИУ</p>
<p>Сити-фермер Представитель агробизнеса, в задачи которого входит обеспечение потребителей свежими фруктами и овощами в любое время года посредством развития сити-ферм</p>	<p>Бакалавриат - направление «Агробизнес» в РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, КалмГУ, Ярославской ГСХА, УрГАУ, ОГАУ, Пензенском ГАУ, Нижегородском ГСХА - направление «Агротехнологии биоресурсов» в Удмуртском ГАУ - направление «Экономика и управление в агропромышленном комплексе» в АГАУ, Ивановской ГСХА, Костромской ГСХА</p>
<p>Дизайнер виртуальных миров Отвечает за разработку и создание визуального и функционального оформления виртуальных миров (в сельском хозяйстве это может быть проектирование ландшафта полей или будущей фермы)</p>	<p>Бакалавриат - направление «Дизайн среды» в МГПУ, РГУ им. А. Н. Косыгина, РГСУ, СПбГУПТД, УГНТУ - направление «Технологии дополненной и виртуальной реальности» в Московском политехе - направление «Дизайн сред смешанной реальности» в РТУ МИРЭА</p> <p>Магистратура - направление «Лаборатория дизайна» в НИУ МИЭТ - направление «Дизайн. Медиа и дизайн» в НИУ ВШЭ</p>
<p>Биотехнолог Исследует, разрабатывает и применяет методы, основанные на генетике, молекулярной биологии, биохимии и других научных дисциплинах, чтобы улучшать производственные процессы, создавать новые лекарства и методы лечения, а также новые виды материалов и энергии</p>	<p>Бакалавриат - направление «Промышленная биотехнология и биоинженерия» в Московском политехе, Горском ГАУ - направление «Биотехнология» в РХТУ им. Д. И. Менделеева, ГУАП, ИТМО, УрФУ им. Б. Н. Ельцина, СПбПУ, МФТИ, ОмГТУ, НГТУ, Вавиловском университете</p> <p>Магистратура - направление «Генетика растений и агробиотехнология» в НГУ, АГУ, КФУ им. В. И. Вернадского - направление «Агропищевая биотехнология» в ДВФУ - направление «Пищевая биотехнология» в УрФУ им. Б. Н. Ельцина, ЮУрГУ</p>
<p>Специалист по искусственному интеллекту Искусственный интеллект в АПК способен оптимизировать бизнес-процессы, повышать эффективность производства продукции, бороться с вредителями и сорняками, управлять ресурсами фермы и прогнозировать важные для сельского хозяйства явления (погоду, урожайность и т. д.)</p>	<p>Бакалавриат - направление «Системы искусственного интеллекта и суперкомпьютерные технологии» в Университете ИТМО - направление «Информатика, искусственный интеллект и системы управления» в МГТУ им. Н. Э. Баумана - направление «Системы искусственного интеллекта» в РАНХиГС, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева</p> <p>Магистратура - направление «Анализ данных и искусственный интеллект» в РАНХиГС - направление «Системы искусственного интеллекта промышленного Интернета вещей» в МТУСИ - направление «Робототехника и искусственный интеллект» в СПбПУ - направление «Математическая робототехника и искусственный интеллект» в СПбГУ</p>
<p>Инженер 3D-печати продуктов Работает с оборудованием и ПО, с помощью которых можно производить еду будущего: пищу для космонавтов, продукты для персонализированной диеты, питание для людей с различными заболеваниями и др.</p>	<p>Бакалавриат - направление «Проектирование современных материалов на основе цифровых технологий» в КНИТУ - направление «Лазерные, аддитивные и упрочняющие технологии в машиностроении» в УрФУ им. Б. Н. Ельцина - направление «Цифровое производство» в СПбГУПТД, РТУ МИРЭА</p> <p>Магистратура - направление «Биомедицинская инженерия и биофабрикация» в МИСИС</p>

Приложение 2

Научно-технологические направления проектных заявок «Blue Sky Research 2023 – Искусственный интеллект в агропромышленном комплексе (АПК) и пищевой промышленности»

Примечание: проектные заявки актуальны на 2022 год

Инфраструктура для ИИ-НИОКР

- Технология искусственного интеллекта для мульти-частотного ультразвукового анализатора свойств и состава водных растворов путем сонолюминесцентной импедансной спектроскопии
- Создание экспресс-анализатора антиоксидантной активности плодов и овощей
- Разработка программы, анализирующей рост клеток для искусственного мясного продукта
- Создание комплекса для мониторинга морфометрических параметров и прогнозирования урожайности зеленых культур на основе машинного зрения и нейронных сетей
- Автономные магнитные сенсоры для мониторинга здоровья растений и животных в АПК
- Разработка нейросетевого алгоритма для анализа поведенческой модели домашнего скота
- Мультимодальный *in silico* дизайн наноформулированных антимикробных средств для решения проблемы антибиотикорезистентности сельскохозяйственных животных
- Геномный майнинг новых биогенных веществ в геномах бактерий и грибов с использованием ИИ для переработки отходов сельскохозяйственной и пищевой промышленности
- Создание программного обеспечения с искусственным интеллектом на базе портативной метеостанции Speed'OS
- Нейросетевая метамодель роста камбиальных клеток
- Установление референтных значений новых и ранее известных показателей крови коров и коз молочного направления продуктивности в норме и при патологии
- Разработка системы управления и подбор аппаратного обеспечения комнатной роботизированной теплицы, встроенной в кухонный гарнитур
- Система анализа проращивания растений
- Разработка алгоритма обучения нейросети на основе спектральных характеристик для распознавания наиболее распространенных семян сорных растений на территории Пермского края
- «АгроСпектр» – программно-аппаратный комплекс для точного земледелия. Разработка модели прогнозирования урожайности на основе спектральных данных, методов машинного обучения и искусственного интеллекта
- Система распознавания посевной культуры, а также стадии созревания и необходимости обработки, в условиях ограниченной вычислительной мощности
- Использование искусственного интеллекта для предсказания противомикробной активности природных объектов на основе анализа массива хроматографических данных и данных противомикробной активности
- Разработка интеллектуальной системы определения оптимального давления воздуха в шинах колес тракторов и его регулирования при функционировании
- Автоматизированное составление рациона кормления сельскохозяйственных животных на основе адаптивного генетического алгоритма
- Мониторинг состояния и дистанционное зондирование земель сельскохозяйственного назначения с применением технологии искусственного интеллекта в Оренбургской области
- Создание технологии автоматического выращивания и контроля морфометрических и биохимических параметров, используемых для прогнозирования выхода гуаровой камеди в семенной продукции гуара (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) на основе машинного зрения и нейронных сетей

Сервисы и инструменты

- Разработка системы биомониторинга на основе машинного обучения состояния экосистемы аквакультуры действующих рыбоводных ферм УЗВ (установок замкнутого водоснабжения) для предупреждения заболеваний выращиваемого материала
- Мониторинг показателей качества ягодного сырья с использованием искусственного интеллекта
- Разработка интерактивной системы поддержания параметров газовой среды для обеспечения сохранности сельскохозяйственной продукции
- Создание интеллектуальной системы оценки риска возникновения заморозков для сельскохозяйственных предприятий на основе анализа разнородных метеорологических данных
- Цифровой ассистент оператора спецтехники
- Автоматизированное умное хозяйство
- Разработка программного продукта для моделирования оптимального севооборота
- Создание и разработка сайта-справочника с возможной разработкой приложения в области сельскохозяйственной ветеринарной медицины с применением искусственного интеллекта

- Интеллектуальная система обнаружения аномалий в технологических данных
- Разработка мобильного приложения для автоматического распознавания качества продуктов питания растительного происхождения
- Система анализа структуры посевных площадей с применением алгоритмов ИИ и ДЗЗ
- Интеллектуальная система прогнозирования хозяйственно-полезных признаков коров
- Интеллектуальная система зоотехнического учета
- Интеллектуальная система прогнозирования воспроизводства коров
- Разработка модели для прогнозирования эффективных катализаторов процесса электроокисления мочевины
- Методы машинного обучения в органолептике кофе
- Разработка системы прогнозирования качества субстрата при биоконверсии органических отходов сельскохозяйственной и пищевой отрасли на основе машинного обучения
- Разработка системы мониторинга состояния субстратного блока инокулированных мицелием вешенковых грибов (*Pleurotus ostreatus*) с применением технологий компьютерного зрения
- Интеллектуальная система диагностики стресса у сельскохозяйственных культур
- Система автоматизированного формирования эффективной траектории движения сельскохозяйственной техники
- Конструирование нейронной сети, предсказывающей фармакокинетику конъюгатов «лекарство-антитело»
- Конструирование нейронной сети, предсказывающей состав фудтех-биосенсоров по детектируемому субстрату
- Повышение эффективности использования зерноуборочных машин
- Разработка системы распознавания характеристик зерновых (фракционный состав, разложение сложной смеси) по спектральным характеристикам в ближней ИК с ограниченным количеством точек (12)
- FAIM: алгоритм генеративного дизайна лекарств для модуляции синтеза жирных кислот
- Искусственный интеллект в научных исследованиях с использованием животных
- Интеллектуальные технологии анализа больших данных для создания путеводителя по функциональным пищевым ингредиентам
- Модель для предсказания урожайности видов в зависимости от освещения и режима полива
- Разработка интеллектуальной системы для оценки эффективности создания растений, устойчивых к вредителям, на примере белокочанной капусты

- Генеративная модель для дизайна таблетлируемых лекарственных сокристаллов
- Создание мобильного приложения для бесконтактного определения живой массы свиней всех половозрастных групп
- Прогнозная оценка сорбционных свойств материалов, изготовленных из растительных отходов сельского хозяйства
- Скрининг оптимальных параметров производства биоразлагаемых пластиков из биомассы сельскохозяйственных отходов с использованием методов машинного обучения
- Система оценки двигательной активности кур как предиктора продуктивности на основе технологии искусственного интеллекта

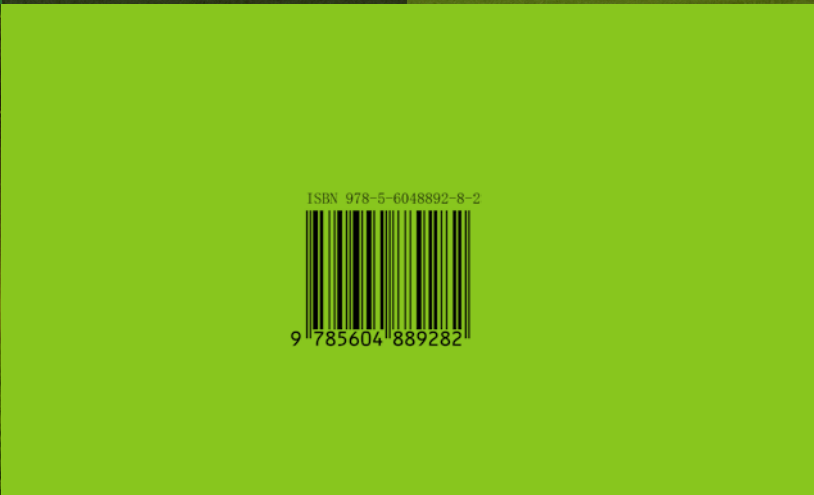
Предметное применение

- Искусственный интеллект и машинное обучение в задаче обнаружения генетических маркеров, связанных с важными фенотипами растений
- Сезонное и долгосрочное прогнозирование вероятности засух и аномальной жары с применением методов искусственного интеллекта
- Интеллектуальная обработка пищевых продуктов низкотемпературной плазмой
- Разработка технологии инкапсулированных пищевых ингредиентов и моделирование их размерных параметров с помощью ИИ
- Исследование естественных и антропогенных причин изменения циркуляции атмосферы и их влияние на климат российской Арктики
- Разработка бактериофагового биопрепарата для биоконтроля *Clavibacter michiganensis* (бактериальный рак), *Pseudomonas corrugata* (бактериальный сердцевинный некроз) в растениеводстве
- Создание конкурентоспособных сортов зерновой фасоли с повышенной симбиотической активностью и урожайностью семян с использованием приемов ускоренной селекции
- Применение искусственного интеллекта для определения вырожденности растений картофеля и отбора зараженных вирусами клубней с помощью машинного обучения
- Технология ускоренного выращивания саженцев плодовых пород
- Открытие новых вирусных капсидов с помощью нейронных сетей для таргетной доставки лекарственных средств
- Рациональное использование молочного сырья на основе его характеристик при поступлении
- Дизайн экологически безопасных растворителей с помощью методов машинного обучения для задач микроэкстракции в пищевой промышленности

- Дизайн химически модифицированных малых интерферирующих РНК для лечения вирусных заболеваний сельскохозяйственных культур
- Поиск маркеров для оптимизации тестирования растений на наличие пестицидов с использованием ИИ
- Диагностика болезней растений методами искусственного интеллекта
- Генеративный дизайн новых высокоэффективных каталитических центров РНК-расщепляющих ДНКзимов для лечения вирусных заболеваний сельскохозяйственных культур

Методы и подходы

- Методология повышения сельскохозяйственной пригодности земель субъекта РФ с учетом климатических рисков в целях реализации доктрины продовольственной безопасности
- Разработка методик минимизации затрат на проведение экспериментальных исследований и повышение точности расчетов при обработке данных трудоёмкого естественного эксперимента в агрономии путем использования нейронных сетей
- Математическая модель формирования урожайности льна масличного в зависимости от приемов возделывания
- Разработка посредством алгоритма ИИ метода подбора эффективного адсорбента для задач очистки свалочного газа и биометана в различных условиях
- Разработка и исследование метода обнаружения и распознавания состояния сельскохозяйственных культур на посевных площадях для нейросетевого мониторинга урожайности



ISBN 978-5-6048892-8-2



9 785604 889282

