

Условия результативного применения технологий искусственного интеллекта в агропромышленном комплексе ЕАЭС*

В.И. Будзко, В.И. Меденников

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. Рассматриваются решения для снижения экологической опасности в сельском хозяйстве единого агропромышленного пространства ЕАЭС. Предложен механизм формирования такого пространства, позволяющего разрешить возникшие геополитические, экономические, социальные, экологические проблемы. Это единая цифровая платформа управления, включающая возможность облачного построения на основе математического и онтологического моделирования, единых цифровых стандартов (структура подплатформы сбора, хранения и интеграции операционной первичной учетной информации всех участников в единой базе данных; структура подплатформы технологического учета; структура подплатформы алгоритмов обработки данных первых двух подплатформ в целях управления производством). При таком подходе применение технологий искусственного интеллекта принесет наибольший эффект и позволит обеспечить максимальную межотраслевую прослеживаемость продукции и будет минимизировано негативное воздействие природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду, на продукцию агропромышленного комплекса и на самого человека.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экологические проблемы, агропромышленный комплекс, ЕАЭС, цифровые стандарты, прослеживаемость продукции.

DOI: 10.14357/20790279230117

Введение

Высший Евразийский экономический совет провозгласил о планах формирования ряда единых рынков и пространств. Это рынки финансов, энергоресурсов, транспортно-логистического пространства, пространства свободного движения товаров и рабочей силы, а также единого агропромышленного пространства. Последние политические, экономические, социальные события, усиленные пандемией COVID-19 и санкциями, определяют интеграционные процессы в агропромышленном комплексе (АПК) Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС) в качестве важнейших стратегических задач. Помимо решения проблемы обеспечения населения едой и достижения необходимого уровня продовольственной безопасности требуется решать проблемы нарушения экологии и качества пищи.

АПК при его технологическом развитии, как и транспортная отрасль, энергетический и коммунально-бытовой секторы, стало одним из главных загрязнителей природы, а растениеводство – источником наибольших экологических проблем, что обусловлено широким использованием различных ядохимикатов. Их воздействию подвергаются не только вредители, но и контактирующие с ними полезные организмы (птицы, черви, насекомые-опылители, бактерии и др.). Они либо гибнут, что приводит к нарушениям экосистемы, к эрозии, ухудшению структуры и плодородия почвы, либо накапливают в своих организмах эти ядохимикаты, передавая их по пищевым цепям, вплоть до человека.

По данным департамента мелиорации МСХ в России ежегодно деградирует 1,5-2 млн. га земель, и потери сельхозпродукции в зерновом эквиваленте составляют порядка 3,9 млн. тонн. Только из-за почвенных эрозий ущерб может достигать 25 млрд руб. в год. Потери наиболее богатого гумусом слоя

* Работа поддержана грантом Министерства науки и высшего образования РФ, внутренний номер 00600/2020/51896, договор № 075-15-2022-319.

земли составляют 1,5 млрд. тонн в год, которые включают 75 млн. тонн гумуса, 30 млн. тонн азота, фосфора и калия. Природное плодородие знаменитых чернозёмов в центре России за последние 10 лет уменьшилось в 1,5–2 раза, количество гумуса в почвах сократилось с 8–10% до 3–5% [1].

В республиках Центральной Азии ситуация еще хуже. В докладе Евразийского центра по продовольственной безопасности [2] отмечается, что Западная Европа характеризуется высоким уровнем заботы о почве, Восточная Европа с Россией характеризуются высокими темпами интенсификации сельского хозяйства с чрезмерной эксплуатацией самых плодородных почв и отказом от менее продуктивных земель, а азиатские страны ЕАЭС характеризуются самой высокой степенью и уровнем деградации почв.

В России основная причина экологических проблем – несоблюдение технологий выращивания растений при повсеместном нарушении севооборотных ограничений, норм и правил внесения ядохимикатов, которые попадают в почву, воду, воздух и, наконец, в продукты питания.

Экологические проблемы истощения и засоления плодородной земли, эрозии почв, возрастания гнетущего состояния флоры и фауны все больше привлекают внимание регулирующих органов. А качество пищи вызывает беспокойство у населения многих стран. Возрастающие возможности цифровой трансформации экономики создают условия для формирования единого агропромышленного информационного пространства производства продукции. Цифровизация управления и логистики на всех этапах жизненного цикла производства и доставки будет вынуждать всех участников обеспечивать продукцию надлежащего качества. В статье рассматриваются важные вопросы обеспечения успешного создания таких средств.

1. Прослеживаемость продукции

Цифровизация управления и логистики на всех этапах жизненного цикла производства обеспечивает прослеживаемость продукции и товаров, что позволяет достоверно информировать партнера, контролирующие органы, конечного пользователя об изготовителе, сроках, качестве, цене и других характеристиках товара. В отдельных отраслях предпринимались шаги по реализации такого подхода. Они носят фрагментарный характер, выполняются без полноценного онтологического моделирования предметных областей, не позволяют избежать многократного дублиро-

вания вводимой информации. Так, в АПК еще в 2018г. была принята федеральная государственная информационная система (ИС) электронной ветеринарной сертификации «Меркурий», в которой обязаны участвовать все предприятия оборота товаров животного происхождения. В настоящее время в АПК прорабатывается возможность расширения списка продуктов, подпадающих под реализацию механизма прослеживаемости, например, зерна. Однако без разработки цифровых стандартов, исходя из основных принципов цифровой экономики (ЦЭ) [3], которые включают единые онтологическую и концептуальную модель предметной области, словари, ограничения целостности и прочее, в ЕАЭС появится множество несовместимых систем. По этой причине идет медленное внедрение ИС Меркурий в силу отсутствия единых интерфейсов с ИС предприятий, цифровых стандартов на информационные ресурсы, на алгоритмы решения задач.

Единая цифровая платформа управления (ЦПУ) производством АПК, основанная на соответствующей математической модели [4], предлагается в качестве решения проблемы унификации цифрового инструмента прослеживаемости продукции на основе единых цифровых стандартов, на основе детального анализа цифровой экосистемы (ЦЭС) АПК [5] и ее составных частей.

2. Структура цифровой платформы управления АПК в России

С помощью данной модели и ряда технологий проектирования ИС определены несколько цифровых подплатформ, которые формируют конкретные цифровые стандарты, в сумме представляющие единую ЦПУ. Первая – подплатформа сбора и хранения пооперационной первичной учетной информации всех предприятий в единой БД (ЕБДПУ), структура которой включает следующие атрибуты: вид, объем и объект операции, место осуществления, субъект проведения, качественные характеристики, интервал времени проведения, задействованные средства производства, объем и вид потребленного ресурса. Необходимость цифрового стандарта на данные первичного учета обусловлена также прогнозом возрастания количества фиксаций различных действий на цифровизированных предприятиях (к 2050 году до 4,1 млн. в день) [6]. ЕБДПУ может быть реализована как облачная структура. Стандарт распространяется на конечное оборудование, интернет вещей (IoT). Он должен использоваться в межотраслевых взаимоотношениях между производителями, пе-

рерабатывающими, логистическими, оптовыми и розничными фирмами. Данный стандарт структуры первичного учета был проверен путем анализа референтных моделей, объединяющих и систематизирующих все знания по отраслевым бизнес-моделям [7, 8] и нашел подтверждение в других отраслях народного хозяйства России, а также в странах ЕАЭС.

Соответствующие атрибуты из смежных отраслей и атрибуты, отражающие бухгалтерскую информацию (накладные, акты), а также данные статистического учета, плановых и оперативных служб должны найти отражение в цифровом стандарте первичного учета в АПК. ЕБДПУ должна строиться в соответствии со стандартными классификаторами, справочниками, словарями и во взаимодействии с единой БД технологического учета (ЕБДТУ) и подплатформой базы знаний (рис. 1).



Рис. 1. Цифровой стандарт структуры первичного учета

Заметим, что аналогичный цифровой стандарт в последние 2-3 года начал активно внедряться в США при разработке подплатформ-агрегаторов первичного сбора и накопления сельскохозяйственной информации и прикладных подплатформ (управленческих задач) [9].

Подплатформа ЕБДТУ – единая для всех предприятий уже некоторой отрасли. Так, на рис. 2 представлена укрупненная информационная схема растениеводства единой для всех хозяйств концептуальной информационной модели растениеводства в составе 946 атрибутов. При этом облачная подплатформа ЕБДТУ также должна быть инте-

грирована с соответствующими классификаторами, справочниками, словарями, ЕБДПУ и подплатформой базы знаний.

Третья подплатформа – описания алгоритмов управленческих задач (база знаний), единых для всех предприятий также определенной отрасли. Сформулировано около 240 задач для растениеводства.



Рис. 2. Укрупненная информационная схема растениеводства

Разработанные стандарты цифровой платформы управления приобретают особенное значение в эпоху ЦЭ, когда технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и геоинформационные системы (ГИС) начинают активно внедряться при реализации точного земледелия (ТЗ). ТЗ все шире внедряется в новые агротехнологии при высокоточном позиционировании на основе технологий ДЗЗ и ГИС, а также дифференцированных высокоэффективных и экологобезопасных агротехнических мероприятий на полях на основе подробной информации химико-физических характеристик каждого участка.

Появление более совершенного электронно-оптического оборудования, устанавливаемого на различных подвижных и стационарных аппаратах, специальных инструментов дешифровки спектральных параметров растений дает возможность рассчитывать различные вегетационные индексы, характеризующие фазы развития и биомассу их во временном разрезе. Такой полученный динамический ряд данных ДЗЗ обеспечивает анализ проведения большинства агротехнических мероприятий с выявлением зараженных болезнями и вредителями угодий с оценкой причиненного им ущерба, а также последствий стихийных природных явлений. В этих условиях учет и мониторинг максимально возможного количества сельскохозяй-

ственных процессов становится основной целью в разработке стратегией цифровизации крупнейших агропромышленных и машиностроительных фирм в мире. Сориентироваться в этом потоке информации самостоятельно практически невозможно [10]. И здесь на помощь должны прийти технологии искусственного интеллекта (ИИ).

А это требует интеграции огромного объема данных для обработки с применением ИИ [11]. Сформулированные цифровые подплатформы определяют рациональную схему интеграции данных технологий в ЦПУ АПК [12].

Такая интеграция с внедрением ТЗ будет способствовать повышению эффективности производства продукции, отвечающей необходимым ценовым, качественным и экологическим требованиям. Интенсивные исследования в совершенствовании этих технологий ведутся во многих странах.

3. Примеры применения технологий искусственного интеллекта в точном земледелии

Многие известные технологии ТЗ, включающие экологическую составляющую, используют ИИ, отметим некоторые из них [10, 13]. В России также есть отдельные разработки, пока узконаправленные, без комплексного подхода. Приведем в качестве примера некоторые наиболее продвинутые зарубежные решения.

3.1. Машинное обучение при мониторинге полей

Израильский продукт Taranis предоставляет точную информацию о состоянии растений на основе показаний полевых датчиков, метеостанций, аэрофотосъемки, что позволяет своевременно выявлять негативные факторы в виде идентификации болезней и вредителей, дефицита питательных веществ с выработкой рекомендаций по оперативному вмешательству.

Платформа Watson Decision Platform for Agriculture от IBM дает консультации при возникновении рисков поражений кукурузы на основе данных ДЗЗ (индекса HD-NDVI) о дозах, типе пестицидов и оптимальных сроках их внесения. Фермеры получают прогнозы урожайности и др.

Платформа искусственного интеллекта Health Change Maps and Notifications компании Farmers Edge оперативно информирует фермера об эффективности работы техники, состоянии растений, появлении вредителей или болезней, дефиците питательных веществ и др.

Приложение Field Manager от Bayer на мобильном телефоне даёт пользователю информацию о воз-

можных рисках с посевами и рекомендации о способах их предотвращения на основе обработки данных ДЗЗ и большого количества других данных из БД.

Платформа Hummingbird Technologies обеспечивает фермеров информацией о текущем состоянии и объемах растительной массы, наличии сорняков, дефиците у растений азота и др. не только на основе данных ДЗЗ, но и наземных средств мониторинга, снимков БПЛА.

3.2. Технологии ИИ для борьбы с сорняками

Активно развиваются работы по применению ИИ для борьбы с сорняками и вредителями. Так, компаниями Bayer и Bosh разрабатывается технология умного опрыскивания Smart Spraying, которая будет «узнавать» сорняк и определять вид и необходимое количество пестицида. «Убийца сорняков» от компании EcoRobotix способен самостоятельно перемещаться по полю, дифференцированно распознавая и обрабатывая обнаруженные сорняки. Утверждается, что технология позволит в 20 раз сократить объём использования гербицидов.

Автономная система WeedSeeker компании Trimble производит точечное опрыскивание сорной растительности. Система идентифицирует сорняки с помощью светодиодов сканирующих поверхность в красном и инфракрасном диапазоне. Отражённый свет автоматически анализируется, при обнаружении растения сигнал подаётся на форсунку, которая срабатывает точно над ним.

3.3. Технологии ИИ идентификации болезней растений

Современные технологии ИИ помогают фермерам после идентификации заболевания растений выбрать методы их лечения с расчетом экономических показателей. Процесс происходит на основе фотографий поражённой части растения. Мобильное приложение Plantix компании Peat предоставляет фермерам возможность идентификации свыше 60 болезней растений. Приложение содержит огромную БД снимков с идентификацией по сортам растений, видам бактерий, заболеваний и др.

Приложение Scouting Bayer-BASF также помогает диагностировать заболевания, нарушения развития, степень обеспеченности азотом растений на основе обработки фотоснимков.

3.4. Технологии искусственного интеллекта в цифровизации животноводства

Опыт цифровизации животноводства во многих странах показывает, что почти все технологические операции в отрасли поддаются цифровой трансформации с использованием ИИ. Приведем основные направления данной трансформации.

- улучшение качественных условий содержания животных за счет умных систем управления световым режимом, микроклиматом, кормлением, навозоудалением, поскольку комфорт животных влияет на их продуктивность;
- селекция пород. Селекция позволит максимально точно вывести породу по заданным требованиям и свойствам (отсутствие генетической предрасположенности к определенным болезням, мясные и молочные качества, скорость роста и созревания). В настоящее время большие надежды возлагаются именно на методы ИИ, например, на разработку методов анализа геномной информации для оценки племенной ценности животного в раннем возрасте. В настоящее время ведутся исследования по выбору пола животного, молочной продуктивности, толщины отруба для стейка;
- анализ качества молока; диагностика и профилактика заболеваний животных; соблюдение санитарно-гигиенических норм.

3.5. Опыт использования технологий ИИ в сельском хозяйстве России

Вслед за развитыми странами в нашей стране стремительно появляется много компаний, предлагающих различные решения в области цифровизации сельского хозяйства, в частности, технологий ИИ, ведутся интенсивные исследования во многих НИИ.

Например, в 2021г. ФИЦ ИУ РАН совместно с Самарским ГАУ был проведен полевой эксперимент по съемке сельскохозяйственной растительности на основе нейросетевых алгоритмов анализа мультимедийных, мультимасштабных гиперспектральных данных, полученных с использованием гиперспектральной камеры на основе схемы Оффнера. Для чего была разработана методология построения вычислительно эффективного и компактного описания характерной (особой) точки изображения. Эта технология предназначена для пространственного сопоставления изображений с помощью аппарата вычисления дискрибируемых особых точек изображения и последующего поиска гомографии с помощью инфраструктуры RANSAC. Обосновано использование специальных обучаемых дескрипторов характерных (особых) точек.

А также был разработан оригинальный алгоритм быстрого вычисления сверток в нейросетевых моделях на процессорах общего назначения. На сегодняшний день задача сегментации цифровых изображений неразрывно связана с методами детектирования и классификации целевых объектов. Использование глубоких нейронных сетей для задач классификации и особенно детекции ограничивается их большой вычислительной сложностью.

В условиях обработки больших объемов данных, ключевым моментом является применение методов оптимизации быстрого действия нейросетевых классификаторов. Поэтому был предложен оригинальный алгоритм вычисления сверток с буфером фиксированного размера, который не только вычисляется быстрее на 10-20% относительно классического метода, но и уменьшает объем дополнительной памяти, требуемой для вычисления дискретной свертки.

Однако, в сельском хозяйстве остаётся ряд проблем, мешающих полномасштабной цифровой трансформации отрасли и требующих совместного комплексного решения бизнеса, науки и правительства. Соответственно, эти проблемы касаются и приложений ИИ, которые должны пройти интеграционные преобразования в стандарты предлагаемой единой цифровой платформы управления отраслью. Перечислим некоторые из них.

Большой интерес к цифровым технологиям в развитых странах продиктован все более усложняющимися и дорогими традиционными технологиями повышения эффективности и качества продукции сельского хозяйства, а наличие большого резерва России в совершенствовании таких традиционных направлений повышения эффективности отрасли, как необходимость обновления парка сельхозтехники при высокой стоимости высокотехнологических средств цифровых технологий и сложности их освоения, а также отсутствие квалифицированных кадров в стране не порождают «социального заказа» у большинства хозяйств. При этом фиксируются большие финансовые и продуктовые потери. Комплексное использование цифровых технологий могут начать лишь немногие отечественные хозяйства.

Цифровая трансформация экономики требует замены или доработки производственного оборудования на цифровое, и этот процесс довольно сложен и дорог. Приобретение же дорогостоящей, наукоемкой, цифровой техники и оборудования, для обслуживания которого нужны профессиональные кадры, могут позволить опять же лишь крупные хозяйства.

В стране слабо развито производство приемопередающих устройств, датчиков, исполнительных механизмов и другой аппаратуры, необходимых для применения технологий автоматического управления технологическими процессами сельскохозяйственной техники.

В отрасли продолжается эпоха «позадачного» фрагментарного проектирования и разработки ИС с формированием в каждом предприятии собственных информационных моделей БД, ин-

формационно несовместимых, когда у различных производителей приобретаются отдельные, так называемые «готовые» программные комплексы, не связанные ни функционально, ни информационно. Даже в агрохолдингах созданы оригинальные ИС, разработанные под текущие нужды каждого конкретного предприятия со своим информационным обеспечением, понятийным аппаратом, алгоритмами решения задач и разнородным программным и аппаратным обеспечением. Поэтому оказался невостребованным положительный практический опыт комплексной информатизации крупных агропромышленных предприятий Краснодарского и Ставропольского краев на базе прообраза ЦПУ с внедрением экспертных системы, являющихся прототипом современных методов ИИ для выращивания томатов и сахарной свеклы. За 2 года отдельные подсистемы были внедрены тогда в более, чем 1000 предприятий. При этом в регионах создавались центры внедрения и обучения.

Комплексное применение ИИ возможно лишь при получении реальных данных о каждой отдельной технологической операции, человеке, механизме, животном, а иногда даже растении. А в настоящее время около 90% всех данных записывается на бумаге или вручную вносится в Excel. Использовать такие данные практически невозможно.

Об этом говорят и результаты указанного выше совместного эксперимента ФИЦ ИУ РАН и Самарского ГАУ по использованию технологий ДЗЗ и ИИ в ряде хозяйств Самарской и Ростовской областях. Так, был сделан вывод о том, что руководствуясь лишь данными ДЗЗ, включающими гиперспектральную визуализацию, рекомендовать с высокой долей достоверности о проведении необходимых технологических мероприятиях сложно, так как необходимо учитывать и большое множество других источников данных: погодного мониторинга, солнечной активности, розы ветров, воздействия агрохимикатов, заселенности полей насекомыми, агрохимического состава, влагосодержания и других характеристик почв. Лишь наличие указанной достоверной информации позволяет создавать комплекс математических моделей принятия соответствующих решений.

Поэтому в стране необходимо направить усилия на комплексную отработку на основе ЦПУ самых совершенных отечественных цифровых технологий и компетенций, подобно развитым странам, на нескольких эталонных объектах с оснащением их современными ИКТ, датчиками, приборами, технологическим оборудованием и машинно-тракторным парком, совместимыми как друг с другом, так и приспособленными к различ-

ным цифровым технологиям, охватывающими всевозможные направления их развития в мире, с последующим массовым внедрением наиболее эффективных из них по всей стране. На эталонных объектах должна быть проверена на практике потребность в необходимых специалистах для цифровизации сельского хозяйства, полученная с помощью модели формирования ЦПУ в количестве 90000 человек с детальным расчетом по специальностям. На основе опыта комплексной информатизации отрасли в рамках программы электронизации сельского хозяйства внедрение отдельных цифровых технологий могло бы начинаться через полгода при наличии организационной структуры генерального конструктора ЦПУ.

4. Единое транспортно-логистическое пространство ЕАЭС

Одним из качественных изменений, связанных с внедрением ЦПУ АПК в ЕАЭС, станет сдвиг в сторону коллективного сознания и кооперативных форм взаимодействия взамен индивидуализма каждой страны. Цепочка производства и сбыта устроена сегодня таким образом, что каждый участник, оценивая свои риски, закладывает их в цену своего продукта. При этом каждый следующий участник цепочки «покупает» риски, заложенные всеми предыдущими участниками цепочки, прибавляя свои в цену продукции. В результате конечный участник, например, магазин собирает все риски и «продает» их потребителю. Таким образом, аккумулированные риски оплачивает население. Такое взаимодействие приводит невосприимчивости к цифровой трансформации все звенья цепочки, поскольку каждый заинтересован лишь в своей марже, не вникая в системность всей цепочки.

Цифровая платформа управления при соответствующем расширении ее информационной базы на основе единых стандартов может обеспечить технологический прорыв в ЕАЭС. Логистика производства и доставки продукта до потребителя любого вида продукта в ЕАЭС, а не только сельскохозяйственного, может формироваться на основе математической модели формирования единой ЦПУ в интересах АПК, логично интегрированную в единую производственную ЦПУ. Построение ИС на единой ЦПУ логистикой улучшит управление взаимоотношениями с потребителями, обслуживанием потребителей, спросом, выполнением заказов, производством, поставкой, разработкой продукции и доведением ее до коммерческого использования, реверсивными потоками для всех стран содружества.

Производство большинства товаров в современном мире осуществляется при участии многих предприятий из всего большого количества стран. Дробление производства растет. Даже появился термин – “цепочки добавленной стоимости”. Технология такого дробления требует информационной совместимости потока данных по всей цепочке. Посредники, которые не создают добавленной стоимости, из логистической цепочки в рамках ЦПУ логистики исключаются. Переход на электронную интегрированную логистику на основе технологии распределенных реестров сыграет определяющую роль в достижении постоянного контроля за материальными потоками в реальном масштабе времени в режимах удаленного доступа через ЦПУ, и позволит учитывать потенциальные возможности производства, снабжения, потребления [14, 15].

Как отмечалось выше, аналогичный процесс внедрения ЦПУ в виде ЕБДПУ и базы знаний в последние годы происходит в США. Компания J'son & Partners Consulting, анализируя состояние дел, считает, что использование технологий двух указанных выше платформ в цепочке формирования добавленной стоимости аграрной продукции (оптовые компании, логистика, розничные сети) предоставит возможность перехода к прямым продажам, когда производитель прослеживает конечного потребителя, объем и структуру его спроса. Он производит ровно ту продукцию, которая нужна потребителю, и в нужное ему время при использовании математических моделей, в том числе, предиктивной аналитики. Управление доставкой продукции происходит путем автоматического обмена информацией между участниками цепочки поставок через облачный сервис и с минимизацией использования складской и логистической инфраструктуры оптовых посредников [9]. Такая цифровизация дает возможность исключить из цепочки множество ненужных посредников, на которых сейчас приходится до 80% стоимости от розничной цены товара. Такие сервисы будут доступны, в том числе, для малых хозяйств, что позволит существенно повысить эффективность отрасли и снизить риски деятельности для всех участников цепочки формирования добавленной стоимости: поставщиков ресурсов, потребителей продукции и транспортных фирм.

Центральное звено в цифровизации экономики – цифровая трансформация предприятия, которая требует пересмотра идеологии и технологии управления и их оформления в виде стандартов. Наиболее дальновидные эксперты об этом уже давно предупреждают. Так, директор Института экономики РАН Ленчук Е.Б. считает, что надо

сосредоточиться на цифровизации именно реального сектора экономики, где она даст наибольший экономический эффект [16]. Видный экономист Агеев А.И. утверждает также, что, хотя уровень цифровизации банков, связи, государственных услуг будет выше, однако степень вовлеченности промышленности является индикатором цифровой зрелости всей экономики [17]. Для этого требуется единое понятийное поле, единое семантическое пространство за счет создания стандартов и соответствующих систем управления.

ЦПУ и использование технологий ИИ, умных контрактов, входящих в БД знаний платформы могут в корне изменить ситуацию (рис. 3). Современные инструменты позволяют прозрачным и корректным образом оценить и учесть вклад каждого звена цепочки в себестоимость конечного продукта с фиксацией объективного вклада каждого из них.



Рис. 3. Схема прослеживаемости продукции при интеграции ЦПУ АПК и ЦПУ логистики

Таким образом, ЦПУ позволяет проследить весь жизненный цикл продукции и адекватно учесть все транзакции, является основой реализации умных контрактов, становится выгодна всем участникам цепочки, позволяя равномерно распределить риски между всеми участниками, что приводит к снижению издержек и возрастанию инновационной восприимчивости участников с получением существенной экономической выгоды от такой кооперации.

5. ЦПУ АПК и задачи сохранения экологии

Более половины их 946 показателей концептуальной модели растениеводства, укрупненная информационная схема которой представлена на рис. 2, имеют отношение к экологии. Так, в группе «Земля» – 291 показатель, в подгруппе «Севоборот» – 30 показателей. Подгруппа «Участок» груп-

пы «Поле» содержит показатели: «Запрещающие условия использования земельного участка», «Геоморфологические характеристики», «Мелиоративная характеристика», «Грунтовые воды», «Засоление», «Почва», «Агрофизическая характеристика», «Гидрофизическая характеристика», «Состояние почвы». Аналогично, в подгруппу «Культура» (108 показателей) входят следующие показатели: «Экологическая группа сорта», «Поражаемость болезнями по видам болезней», «Поражаемость вредителями». Интеграция экологических показателей в ДСР АИС позволяет комплексно решать экологические проблемы (рис. 4).

За счет комплексной экологической оценки земель, всего производственного процесса с учетом поступающих ресурсов и продукции на выходе, формирования соответствующих управленческих решений, направленных на предупреждение

проявления и минимизацию последствий проявления антропогенных и природных факторов экологической опасности можно значительно снизить экологическую опасность в АПК ЕАЭС.

В упомянутом выше докладе Евразийского центра по продовольственной безопасности [2] предлагаются следующие меры для снижения экологической опасности в Евразии, перекликающиеся с нашими предложениями:

- повышение количества и качества почвенных данных и информации: сбор данных, анализ, проверка, представление, мониторинг и интеграция с другими дисциплинами;
- создание единой базы данных почв Евразии, перевод исторических источников в цифровой формат, разработка единой системы мониторинга почвенного покрова, проведение школ по цифровой почвенной картографии;

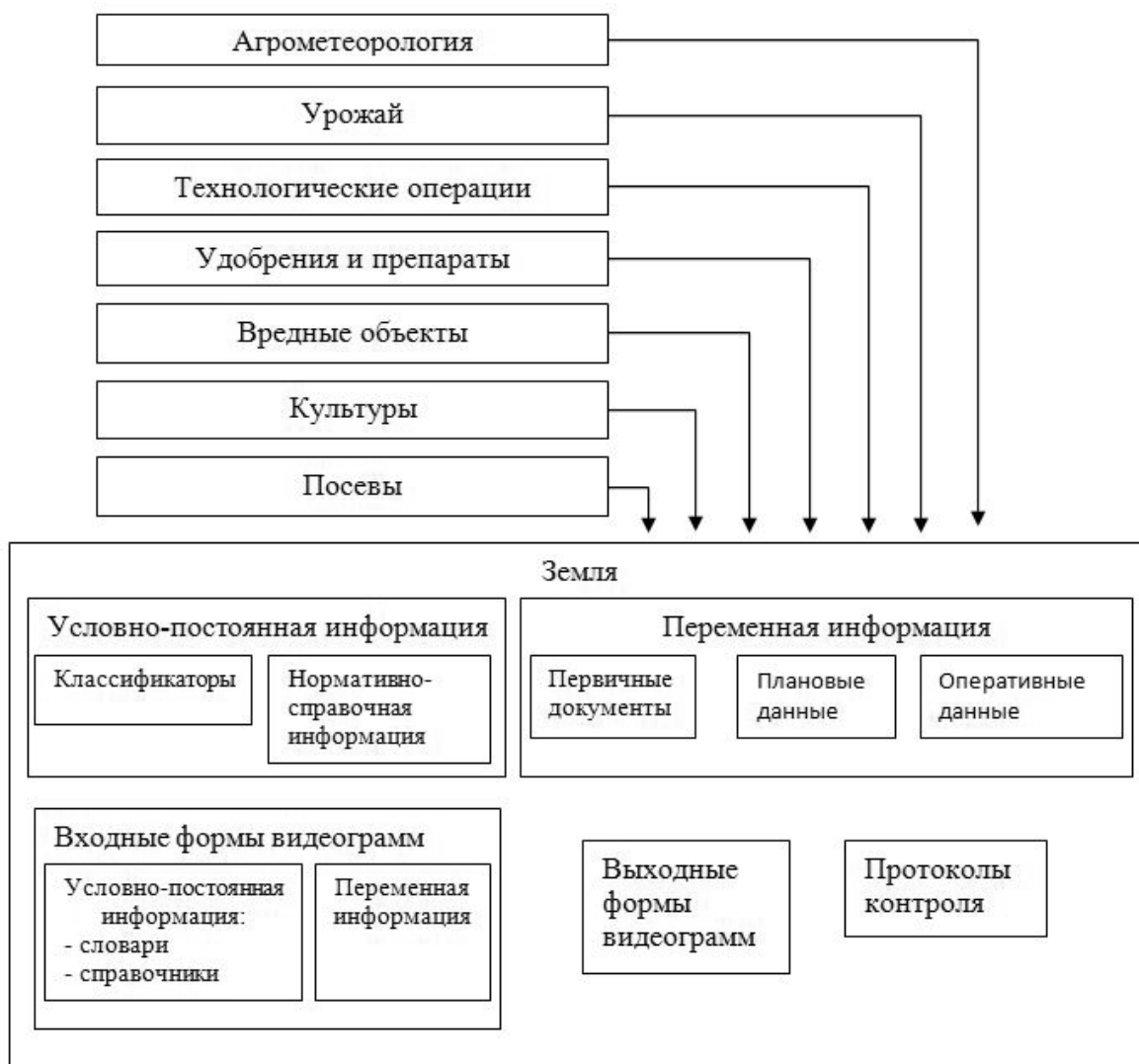


Рис. 4. Решения экологических задач в единой ЦПУ АПК

- внедрение стандартных методов анализов и единиц измерений, гармонизация методов мониторинга, баз данных и картографических материалов.

Заключение

Построение единой системы управления производством и доставки продукции на основе принципов, разработанных для ЦПУ АПК ЕАЭС, позволит снизить себестоимость производимой продукции и конечную цену, которую будет оплачивать потребитель при одновременном значительном снижении экологической опасности в содружестве. Внедрение ЦПУ также обеспечит комплексную экологическую оценку земель, экологический мониторинг их, всего производственного процесса с учетом поступающих ресурсов и продукции на выходе, даст возможность формирования соответствующих управленческих решений, направленных на предупреждение проявления и минимизацию последствий проявления антропогенных и природных факторов экологической опасности.

ЦПУ предоставляет цифровой инструмент прослеживаемости продукции, важное условие результативного применения которого – унификация, основанная на единых цифровых стандартах. Первый стандарт отражает структуру и связи пооперационной первичной учетной информации всех предприятий. Второй – единую для всех предприятий некоторой отрасли структуру и связи технологической информации. Третий стандарт отражает описание алгоритмов управленческих задач (база знаний), единых для всех предприятий определенной отрасли. Эти цифровые стандарты должны быть интегрированы как между собой, так и с соответствующими классификаторами, справочниками, словарями. Только при таком подходе можно обеспечить структуризацию и заданный уровень надежности необходимого объема данных для эффективного применения технологий ИИ и обеспечить информационную совместимость по всей логистической цепочке перемещений товаров и продукции с возможностью постоянного контроля за материальными потоками в реальном масштабе времени.

Литература

1. Дegradaция на миллиарды: в России истощены свыше 60% сельхозугодий: URL: <https://agroru.com/news/degradatsiya-na-milliardy-v-rossii-istoscheny-svyshe-60-selh-85534.htm> (дата обращения 17.06.2022).
2. Красильников П.В. Обзор деградации почв и земель в Евразии. Доклад Евразийского центра по продовольственной безопасности 3-5 октября 2017г. URL: https://ecfs.msu.ru/images/documents/ECFS_October_conf/2017/ECFS2017_Krasilnikov_Land-and-soil-degradation.pdf (дата обращения 17.06.2022).
3. Viktor Medennikov and Alexander Raikov. Formation of the Digital Platform for Precision Farming with Mathematical Modeling. CEUR Workshop Proceedings 2790: 114–126, (2020), <http://ceur-ws.org/Vol-2790/>.
4. Меденников В.И. Математическое моделирование цифровых платформ и стандартов для управления экономикой страны // Журнал «Информатизация образования и науки», 2020, 3(47), 2020. С. 57-72.
5. Меденников В.И. Системный анализ цифровых экосистем производственных отраслей на примере АПК // Цифровая экономика. 2021. № 3. С. 69-74.
6. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве. URL: <https://agroppravda.com/news/novye-tekhnologii/11301-iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozjajstve> (дата обращения 17.06.2022).
7. Меденников В.И. Формирование единой цифровой платформы управления сельским хозяйством ЕАЭС // Сборник статей всероссийской научно-практической конференции «Европейский союз в глобальной экономике: агропродовольственный аспект». г. Саранск, 15 марта 2019. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2019. С. 134-138.
8. Меденников В.И., Микулец Ю.И. Цифровые стандарты – основа интеграции цифровых платформ АПК и других отраслей // Вестник Московского гуманитарно-экономического института. 2021. № 1. С. 208-226. DOI 10.37691/2311-5351-2021-0-1-208-226.
9. Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных. URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-hozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP> (дата обращения 17.06.2022).
10. Как начать внедрять точное земледелие на предприятии. URL: <https://smartfarming.ua/ru-blog/kak-nachat-vnedryat-tochnoe-zemledelie-na-predpriyatii> (дата обращения 17.06.2022).
11. Галустьян А. Пять проблем, которые пока не может решить искусственный интеллект. URL: <https://rb.ru/opinion/problemey-ii/> (дата обращения 17.06.2022).
12. Budzko V. and Medennikov V. Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of using RSD data in precision farming, Procedia

- Computer Science : 11th, Natal, Rio Grande do Norte, November 10-15, 2020. – Natal, Rio Grande do Norte: 122-129, (2020), <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.015>.
13. *Абросимов В.К., Райков А.Н.* Интеллектуальные сельскохозяйственные роботы. – М.: Карьера Пресс. 2022. – 512 с.
 14. *Толуев Ю.И., Планковский С.И.* Моделирование и симуляция логистических систем. – Киев: «Миллениум», 2009. – 85 с.
 15. *Medennikov V. and Raikov A.* (2021) “Optimizing of Product Logistics Digital Transformation with Mathematical Modeling” Journal of Physics: Conference Series : 13, Saint Petersburg, October 06–08, 2020 Saint Petersburg: 012100 (1-9).
 16. *Ленчук Е.* Цифровая экономика в России? Секундочку ... URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochku-5ccc6762a8ac8300b3495949> (дата обращения 17.06.2022).
 17. *Агеев А.И.* Насколько Россия подготовлена к вызовам XXI века // НГ-ЭНЕРГИЯ от 16.01.2019.

Будзко Владимир Игоревич. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник, доктор технических наук, академик Академии криптографии РФ. Количество печатных работ: более 150 (в т.ч. 5 монографий). Область научных интересов: системный анализ, управление и обработка информации, вычислительные системы и их элементы, математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, методы и системы защиты информации, информационная безопасность, информатика и информационные процессы. E-mail: vbudzko@ipiran.ru.

Меденников Виктор Иванович. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент. Количество печатных работ: более 500 (в т.ч. 11 монографий). Область научных интересов: математическое моделирование, информационные технологии, цифровые технологии, сельское хозяйство. E-mail: dommed@mail.ru (ответственный за переписку).

Conditions for the effective application of artificial intelligence technologies in the agro-industrial complex of the EAEU

V.I. Budzko, V.I. Medennikov

Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The solutions for reducing the environmental hazard in agriculture of the EAEU agro-industrial space forming are considered. The mechanism for such space formatting is proposed. It allows resolving the emerging geopolitical, economic, social, and environmental problems. This is a single digital management platform, which includes the possibility of cloud building based on mathematical and ontological modeling, common digital standards (the structure of the subplatform for collecting, storing and integrating operational primary accounting information of all participants in a single database; the structure of the subplatform for technological accounting; the structure of the subplatform of data processing algorithms of the first two subplatforms for the purpose of production management). The use of artificial intelligence technologies will bring the greatest effect and will ensure maximum cross-industry traceability of products and the negative impact of natural and anthropogenic environmental hazards on the environment, on the products of the agro-industrial complex and on the person himself will be minimized.

Keywords: *artificial intelligence, environmental issues, agro-industrial complex, EAEU, digital standards, product traceability.*

DOI: 10.14357/20790279230117

References

1. Degradation worth billions: over 60% of agricultural land in Russia is depleted. URL: <https://agroru.com/news/degradatsiya-na-milliardy-v-rossii-istoscheny-svyshe-60-selk-85534.htm> (2022), last accessed 2022/03/27.
2. *Krasilnikov, P.* "Overview of soil and land degradation in Eurasia". Report of the Eurasian Center for Food Security October 3-5, (2017).
3. *Viktor, Medennikov and Alexander, Raikov.* Formation of the Digital Platform for Precision Farming with Mathematical Modeling. CEUR Workshop Proceedings 2790: 114–126, (2020), <http://ceur-ws.org/Vol-2790/>.
4. *Medennikov, V.* Mathematical modeling of digital platforms and standards for managing the country's economy, Journal Informatization of Education and Science 3(47): 57-72, (2020).
5. *Medennikov, V.* System analysis of digital ecosystems of manufacturing industries on the example of the agro-industrial complex. Journal Digital Economy, 3: 69-74, (2021).
6. Artificial intelligence in agriculture. URL: <https://agroppravda.com/news/novye-tehnologii/11301-iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozjajstve> (2022), last accessed 2022/03/27.
7. *Mikulets, Y. and Medennikov, V.* Digital standards are the basis for the integration of digital platforms for the agro-industrial complex and other industries. Journal Bulletin of the Moscow Humanitarian and Economic Institute 1: 208-226, (2021).
8. *Medennikov, V.* Formation of a unified digital platform for agricultural management of the EAEU" Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference "European Union in the Global Economy: Agro-Food Aspect". Saransk, March 15, 2019: 134-138, (2019).
9. Digitalization of agriculture in Russia lacks data. URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czi-frovizacii-selskogo-xozyajstva.html#ixzz6KBD7I-YEP> (2022), last accessed 2022/03/27.
10. How to start implementing precision farming in the enterprise. URL: <https://smartfarming.ua/ru-blog/kak-nachat-vnedryat-tochnoe-zemledelie-na-predpriyatii> (2022), last accessed 2022/03/27.
11. *Galustyan, A.* Five problems that artificial intelligence cannot solve yet, URL: <https://rb.ru/opinion/problemy-ii/> (2021), last accessed 2022/03/27.
12. *Budzko, V. and Medennikov, V.* Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of using RSD data in precision farming, Procedia Computer Science : 11th, Natal, Rio Grande do Norte, November 10-15, 2020. – Natal, Rio Grande do Norte: 122-129, (2020), <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.015>.
13. *Abrosimov, V.K. and Raikov, A.N.* 2022. Intelligent agricultural robots. – M.: Career Press. - 512 p.
14. *Toluev, Y. and Plankovsky, S.* Modeling and simulation of logistics systems. Kyiv, Millennium, (2009).
15. *Medennikov, V. and Raikov, A.* Optimizing of Product Logistics Digital Transformation with Mathematical Modeling, Journal of Physics: Conference Series : 13, Saint Petersburg, October 06–08, 2020 Saint Petersburg: 012100 (1-9), (2021), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1864/1/012100>.
16. *Lenchuk, E.* Digital economy in Russia? Just a second..., URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochnku-5ccc6762a8ac8300b3495949> (2022), last accessed 2022/03/27.
17. *Ageev, A.* To what extent is Russia prepared for the challenges of the 21st century, NG-ENERGIA, (2019), from 01/16/2019.

Budzko V.I. Doctor of Engineering, Professor, Principal Research Scientist. Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences», 44/2 Vavilova street, Moscow, 119333, Russia. E-mail: vbudzko@ipiran.ru

Medennikov V.I. Doctor of Engineering, leading researcher. Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences», 44/2 Vavilova street, Moscow, 119333, Russia. E-mail: dommed@mail.ru