

1.2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТРАСЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ АПК

Меденников В.И., д.т.н., ВЦ РАН, Москва

В работе с системных позиций рассматривается появление новой терминологии в цифровизации общества: “цифровая экосистема”, “экосистема цифровой экономики”, «цифровая бизнес-экосистема», “цифровая платформенная экосистема” и т.д. Показано, что многозначность данных понятий, усиленная такой же неопределенностью трактовки цифровой платформы, ведет к размыванию и запутыванию научного системного подхода к цифровизации управления реальной экономикой, а также к огромному числу вариантов развития данного процесса, препятствующему выполнению основного требования цифровой экономики – интеграции данных и алгоритмов. На примере агропромышленного комплекса как наиболее из всех других отраслей удовлетворяющего классическому пониманию экосистемы из-за наличия огромного разнообразия биологических видов животных и растений, природных факторов, земельных ресурсов, дано определение цифровой экосистемы. Исходя из данного определения, в работе рассматриваются методы формирования научно обоснованной цифровой экосистемы агропромышленного комплекса, основу которой составляет единое информационное интернет-пространство цифрового взаимодействия страны, интегрирующее единую цифровую платформу управления производством и единую платформу информационных научно-образовательных ресурсов. Такое пространство основано на идеях А.И. Китова и академика В.М. Глушкова об общегосударственной автоматизированной системе сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством и обосновано математическим моделированием.

Введение

В последнее время в банках, бизнес-сообществе и околонаучных кругах активно начинают употребляться термины “цифровая экосистема”, “экосистема цифровой экономики” и пр., которые подхватили средства массовой информации, трактуя их по-разному. Порой при этом считается, что такое образование может существовать лишь на базе некоторой цифровой платформы (ЦП), при этом применяется объединительное сочетание “цифровая платформенная экосистема” (Филимонов, 2020). Более того, вводится понятие цифровой бизнес-экосистемы, в которую включают цифровую экосистему (цифровая архитектура) и бизнес-экосистему (архитектура участников и пользователей, формально отражающих биологический фактор) (Senyo, 2019; Hein, 2019), что в корне противоречит всей предшествующей теории компьютеризации, информатизации, представляющей информационную систему (ИС) как единство информационного, математического, технического, организационного, кадрового и еще ряда других видов обеспечения, ориентированных на потребителя.

Неопределенность понятия экосистемы, навязываемая СМИ, применительно к цифровой экономике (ЦЭ), усиленная такой же многозначностью трактовки ЦП, ведет к неуловимости различия между ними, к запутыванию понимания новой терминологии, особенно у информатики и математиков, привыкших оперировать четкими, однозначными терминами. Понятие экосистемы изначально возникло из биологии, где под нею понимается физико-биологическая система, включающая многообразие взаимозависимых биологических организмов и физических факторов, формирующих окружающую среду – факторов среды обитания в широком смысле (Tansley, 1935). Такое вольное, бессистемное применение новых понятий препятствует эффективности выполнения ЦЭ, нарушая основное требование ее – интеграцию данных, алгоритмов и инструментальных средств. Более того, это ведет к разработке огромного количества ЦП, в частности, в каждом хозяйстве по несколько платформ. Так, в результате непонимания системности подхода к ЦЭ появляются заявления, правда, в силу абсолютной безграмотности в информатизации, что основным результатом выполнения программы ЦЭ должен явиться рост числа подключений фермеров к интернету (Петриков, 2021). На основании такого подхода директор института аграрных проблем и информатики Петриков А.В. даже принял решение о ненужности тематики исследований по цифровой экономике АПК и закрыл ее в собственном институте. Более того, он пошел дальше и предлагает закрыть ИТ-кафедры в аграрных ВУЗах, обосновывая такое решение тем, что цифровизацией АПК должны заниматься специальные айтишные организации.

Минсельхоз, полагающийся на рыночный подход в области цифровизации АПК, придерживается такого же мнения. В результате – в АПК нет ни одного НИИ, комплексно занимающегося исследованиями в области ЦЭ. Тем самым наносится ощутимый удар по социально-образовательному уровню будущих исполнителей и потребителей цифрового сельского хозяйства. Вслед за Минсельхозом (Концепция, 2020) предлагается также позадачный подход к научно-технологическому развитию цифрового сельского хозяйства: «Умное сельское хозяйство». Так, рассматриваются отдельные направления, такие, как «Умное землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма» без разработки единой архитектуры, онтологического моделирования на принципах интеграции информационных ресурсов (ИР), без учета мировых тенденций в области цифровизации сельского хозяйства в виде создания системы управления информацией, т.е. сбора, обработки, хранения и распространения необходимых данных на основе повсеместной интеграции разрозненных данных в единую

систему. Более того, утверждается, что «экспертная команда программы ЦЭ полагает, что в рамках цифровой трансформации должно создаваться множество информационных платформ».

Одним из механизмов, способных разрешить данную неопределенность, является формализованное математическое описание цифровой экосистемы (ЦЭС) на примере сельского хозяйства как наиболее тесно оперирующей многообразием биологических объектов. Актуальность исследований продиктована еще одним обстоятельством – проблематика ЦЭС становится трендом мировой повестки на глобальных экономических площадках (Филимонов, 2020), что требует адекватного реагирования.

1. Структура цифровой экосистемы АПК

Рассмотрим сначала более внимательно понятие ЦП (Меденников, 2019). В настоящее время многие под этим понимают площадку для цифрового взаимодействия в сфере бизнес-деятельности. Однако такая широкая трактовка этого понятия ведет к искажению смысла цифровизации экономики. В программе "Цифровая экономика Российской Федерации" ставится цель создания не менее 10 ЦП, однако не приводятся критерии их формирования и эффективные оценки, исходя из различных подходов к построению ЦЭ.

В рыночном подходе к ЦЭ эксперты Intel определяют понятие «платформа» как «комплексный набор компонентов, который обеспечивает реализацию намеченных моделей использования, позволяет расширять существующие рынки и создавать новые, а также приносит пользователям гораздо больше преимуществ, чем простая сумма составных частей. Платформа включает аппаратное, программное обеспечение и услуги» (Меденников, 2019). Европейская комиссия также определяет онлайн-платформы через призму их функционального назначения как «поисковые системы, социальные сети, платформы для электронной коммерции, магазины покупки приложений, сайты сравнения цен» (Меденников, 2019). J.P. Morgan определяет платформенную экономику как экономическую деятельность с использованием онлайн-посредника, обеспечивающую площадку, посредством которой независимые работники или продавцы могут предоставлять определенный товар или услугу клиентам. Все платформы имеют четыре общие черты: связывают работников или продавцов непосредственно с клиентами; позволяют людям работать, когда они хотят; продавцы получают оплату сразу после выполнения работы или предоставления товара; оплата проходит через платформу.

В России же, хотя здесь и нет условий для рыночного формирования зрелой ЦЭ, ЦП определяют аналогичным образом. Так, в программе развития цифровой экономики Российской Федерации до 2035 года ЦП определяется следующим образом.

1. Модель деятельности (в том числе, бизнес-деятельности) заинтересованных лиц на общей платформе для функционирования на цифровых рынках.

2. Площадка, поддерживающая комплекс автоматизированных процессов и модельное потребление цифровых продуктов (услуг) значительным количеством потребителей.

3. Информационная система, ставшая одним из лидирующих решений в своей технологической нише (транзакционной, интеграционной и т.п.).

А вот как определял ЦП Б.М. Глазков, вице-президент ПАО «Ростелеком»: «Цифровая платформа – это система алгоритмизированных взаимовыгодных взаимоотношений значимого количества независимых участников отрасли экономики (или сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными и изменения системы разделения труда» (Меденников, 2019). Данное определение в значительной степени годится для социальных сетей, но не для производственных отраслей. Такое прямолинейное следование западному пониманию ЦЭ и ЦП несет большую угрозу, поскольку предполагает очень широкую трактовку данных определений, как уже упоминалось выше.

Как отмечают специалисты в области управления общественным развитием (Агеев, 2019), «цифровизация – это прежде всего жесткая схватка за превосходство в разработке передовых систем управления силами и средствами по всем категориям потенциалов развития, что потребует глубоких изменений системы управления на микро-, мезо- и макроуровнях». Из внимания большинства авторов ускользает тот факт, что в программных документах теме цифровизации именно производства не отведено должного места. Этот вопрос не нашел места также в нормативных правовых документах, посвященных цифровизации страны, как на федеральном уровне, так и на отраслевом. Примером такого невнимания является концепция цифровизации сельского хозяйства, разработанная в декабре 2019г. Минсельхозом России. В ней также нет положений о трансформации технологий процессов управления экономикой. Директор Института экономики РАН Е.Б. Ленчук также акцентирует внимание на цифровизации именно реального сектора экономики, где она дает особый экономический эффект (Ленчук, 2019).

Поэтому, не найдя в литературе формализованного описания формирования ЦП, дадим такое определение именно для производства на основе опыта разработки автоматизированной системы управления АПК «Кубань», портала Россельхозакадемии, Федеральной базы научных исследований Минсельхоза и др. работ в области информатизации предприятий (Меденников, 2019; Ерешко, 2018; Меденников, 1993): цифровая платформа управления экономикой — совокупность упорядоченных цифровых данных на основе онтологического моделирования; математических алгоритмов, методов и моделей их обработки и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему, предна-

значенную для управления целевой предметной областью с организацией рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов.

Приведенное определение ЦП управления производством привело к разработке математической модели формирования ЦП для управления экономикой отрасли АПК (Меденников, 2019). С помощью модели удалось получить ряд цифровых подплатформ, в сумме представляющих единую ЦП управления сельским хозяйством, первая из которых представляет облачную подплатформу сбора и хранения пооперационной первичной учетной информации всех предприятий в единой БД (ЕБДПУ) в следующем виде: вид и объект операции, место осуществления, субъект проведения, дата и интервал времени проведения, задействованные средства производства, объем и вид потребленного ресурса. Данная структура нашла подтверждение в форме карты истории полей, введенной постановлением Совета министров РСФСР от 6 мая 1961 года N 511 «О ведении в колхозах и совхозах шнуровой книги истории полей севооборотов и агротехнического паспорта полей севооборотов», с отражением данной информации в соответствующих документах, заброшенных с началом перестройки. Следующая – также облачная подплатформа на единой БД технологического учета (ЕБДТУ) всех предприятий. Так, в (Меденников, 2020) приведен такой цифровой стандарт для всех сельскохозяйственных предприятий в виде онтологической информационной модели растениеводства, с выделением 240 функциональных управленческих задач (третья подплатформа) с единым описанием алгоритмов также для большинства сельскохозяйственных организаций (стандарт на управленческие задачи). Такая ЦП, основанная на приведенных цифровых стандартах, на облачных технологиях сбора и хранения информации на их основе, дает принципиально новые возможности управления производством: позволит осуществить разработку унифицированных производственных типовых систем управления; стать базой планирования, оперативного управления, инструментом для экономического анализа; даст надежную информационную составляющую для применения математического моделирования, искусственного интеллекта, big data, нейросетей в различных срезах, от конкретных (земельного участка, головы скота, средства производства, работника на каждом уровне) вплоть до федерального уровня; позволит существенно упростить статистический и бухгалтерский учет. При этом будет обеспечена реализации всех задач технологий точного земледелия (ТЧЗ), наиболее востребованных в мире и требующих сочетания большого количества данных и технологий, в частности технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), технологий единой подплатформы логистики, искусственного интеллекта (ИИ) и т.д.

Вследствие отстранения государством ученых от научного обеспечения процесса цифровизации экономики и общества, а также в результате проведенных реформ, направленных лишь на увеличение наукометрических показателей их в соответствии с созданным механизмом принуждения, который заставляет науку выбирать темы исследований в соответствии с указанными выше критериями, а не потребностями экономики, общества, в математической модели формирования ЦП для управления производством АПК не были учтены информационные научно-образовательные ресурсы (ИНОР) в силу отсутствия пересечения их с производственными ИР. Для интеграции ИНОР была разработана своя математическая модель формирования единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИПНОР), выполняющего триединую роль: поддержка научных исследований, повышение уровня образования (порой переподготовкой) для всех слоев населения, эффективная система трансфера научно-образовательных знаний в экономику за счет неограниченного доступа к данным знаниям для не только традиционных пользователей в лице научных работников, студентов и преподавателей, но и для будущих абитуриентов и работодателей, госорганов, товаропроизводителей, бизнеса, менеджмента, других категорий населения. К таким ИНОР относятся: разработки, публикации, консультационная деятельность, нормативно-правовая информация, дистанционное обучение, пакеты прикладных программ (ППП), базы данных (БД) (Меденников, 2017).

В (Меденников, 2019) рассматривается механизм формирования единого информационного Интернет-пространства цифрового взаимодействия страны (ЕИИПЦВ), интегрирующего единую цифровую платформу (ЦП) России и ЕИИПНОР, полученных математическим моделированием.

Вернемся теперь к рассмотрению различных трактовок понятия ЦЭС. В России наиболее раскрыта в СМИ экосистема Сбера, в которую кроме самого банка, входят онлайн-кинотеатр Okko, сервис доставки еды Delivery Club, доставка продуктов Сбермаркет, такси Ситимобил и т.д. Вслед за Сбером и Яндекс начал формировать свою экосистему, включив в поисковую систему портал "Кинопоиск", службу каршеринга, сервисы доставки еды "Яндекс.Еда" и "Яндекс.Лавка" и т.д. Недавно прошло сообщение, что Яндекс ведет переговоры о покупке сети магазинов «Азбука Вкуса». Другие участники рынка начинают также создавать собственные экосистемы с включением сервисов для доставки еды из ресторанов, для продажи билетов на самолет, для юридических и ветеринарных консультаций и пр.

Анализ этих экосистем показывает, что они представляют собой набор сервисов, связанных между собой общим сайтом с порой единой платежной системой, при этом ничего общего не имеющих с классическим понимаем экосистем, изначально возникших из биологии, где под ними понимаются физико-биологические системы, включающие многообразие взаимозависимых биологических организмов и физических факторов, формирующих окружающую среду – факторов среды обитания в широком смысле, которые, по А. Тэнсли, имеют различные виды и размеры, отличаются по степени изолированности и автономности (Tansley, 1935). Навязываемое Сбером, Яндексом и прочими компаниями

понимание экосистемы противоречит и классическому научному понятию системы как совокупности взаимосвязанных элементов, объединенных в одно целое для достижения некоторой цели, которая определяется назначением системы. Если указанным организациям можно назвать экосистемой отдельные сервисы, связанные между собой лишь общим сайтом, то почему бы не назвать экосистемой всю совокупность компаний и сервисов, объединенных интернетом? В России под ЦЭС в большинстве случаев до сих пор так и понимали всю ЦЭ, например, в докладе Ассоциации электронных коммуникаций утверждается, что в экосистему ЦЭ входит 9 хабов: государство и общество, маркетинг и реклама, финансы и торговля, инфраструктура и коммуникации, медиа и развлечения, кибербезопасность, образование и человеческий капитал (Экосистема, 2021).

Поскольку развитие ЦЭС становится трендом мировой повестки на глобальных экономических площадках (Филимонов, 2020), то для придания, подобно ЦП, формальности определения ЦЭС в сельском хозяйстве дадим собственное определение. Цифровая экосистема АПК – это система рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов по оптимальному использованию природных, материальных, финансовых, социальных, трудовых, образовательных, научных ресурсов в интересах всех участников на основе научно-обоснованной интеграции информации, алгоритмов и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему, предназначенную для управления (функционирования) целевой предметной области.

На рис. 1 представлена схема ЦЭС АПК, где приняты следующие обозначения: Пуб – публикации, Раз – разработки, НПИ – нормативно-правовая информация, ИКС – информационно-консультационная служба, БД – базы данных, ППП – пакеты прикладных программ, ДО – дистанционное образование, ЭТП – электронная торговая площадка, ЭБТ – электронная биржа труда.

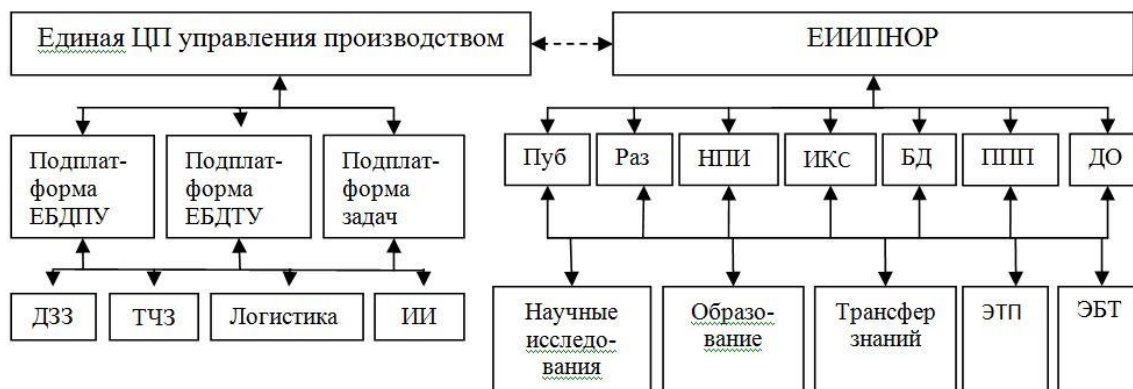


Рисунок 1. Схема цифровой экосистемы АПК

Как видно, ЦЭС АПК совпадает с рассмотренным ранее ЕИИПЦВ АПК. Как показано выше, указанные две базовые платформы – производственная, отражающая экономические отношения, и научно-образовательная ЕИИПНОР – существуют сами по себе, почти не пересекаясь. Поэтому на рис. 1 данные платформы соединены пунктирной линией, отражающей настоятельную необходимость осуществить их интеграцию.

В большинстве рассматриваемых ЦЭС в стране одним из критериев отнесения ИС к таковым является наличие биологического фактора в виде различных участников ее. Сельское хозяйство с его огромным разнообразием, помимо человека, биологических видов, природных факторов, земельных ресурсов, материальных ресурсов представляет в этом смысле наиболее яркую экосистему.

2. Место цифровой платформы управления в цифровой экосистеме АПК

В данном разделе дадим более развернутый анализ первой платформы. Как уже отмечено выше, в настоящее время утвердилось наиболее распространенное толкование ЦП как площадки для цифрового взаимодействия в сфере бизнес-деятельности либо в социальных сетях. Однако такая широкая трактовка этого понятия ведет к искажению смысла цифровизации экономики, оставляя за границами понимания производственную сферу, на что обратили внимание экономисты (Ленчук, 2019).

Поэтому, исходя из этого, именно для управления экономикой на основе большого опыта реализации идей А.И. Китова и академика В.М. Глушкова об общегосударственной автоматизированной системе сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством в СССР (ОГАС) при разработке информационно-управляющей системы эталонным объектом – агрокомбинатом «Кубань», портала Россельхозакадемии, Федеральной базы научных исследований Минсельхоза и других работ в области информатизации предприятий выше было сформулировано оригинальное определение ЦП (Глушков, 1975).

Толчком к такому определению послужил анализ эволюции развития общемировых информационных средств, вершиной которой стала современная ЦЭ. Как только данные были отделены от программного обеспечения (ПО), с появлением более мощных средств хранения, переработки и передачи информации, возникла потребность в тиражировании ИС на некоторый круг предприятий. По нашему мнению, в своем жизненном цикле технологии проектирования ИС прошли четыре эволюционных этапа (таб. 1), на каждом из которых происходила существенная трансформация способов хранения, передачи, обработки и интеграции данных и ПО, при том, что проектное пространство ИС каждого предприятия имеет три основных оси измерения: ИР, приложения (автоматизируемые задачи или алгоритмы) и инструментарий, представляющий общесистемное ПО, электронное оборудование, коммуникационные системы (рис. 2).

Таблица 1. Эволюция развития общемировых информационных средств

Показатели	1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
Программное обеспечение (ПО)	Требуется перекомпиляция ПО после любых изменений данных	Не требуется перекомпиляция ПО после изменений данных. ПО может переноситься между компьютерами без данных	ПО размещено на разных компьютерах в узлах локальной сети	ПО размещено на разных компьютерах, как в узлах локальной сети, так и в сети Интернет. Пользователь может даже не знать место их нахождения (облачные вычисления)
Данные	Внутри программ	Данные отделены от ПО, размещаются на различных машинных носителях, могут переноситься между компьютерами	Данные находятся в файлах под управлением систем управления данными (СУБД) на разных компьютерах в узлах локальной сети	Данные находятся в файлах, как в узлах локальной сети, так и в сети Интернет (облачное хранение)
Место размещения ПО	Привязаны к конкретному компьютеру	Привязаны к конкретным компьютерам	Компьютеры связаны локальной (корпоративной) сетью	Компьютеры связаны локальной (корпоративной) сетью, Интернет, Интранет

При этом наблюдается синергетический эффект между всеми тремя составляющими. Например, алгоритмы повышают эффективность использования данных, создают большую стоимость продукции и услуг, так же, как и структурированные, все более объемные данные совершенствуют алгоритмы, вершиной которых в настоящее время являются технологии ИИ. Инструментарий и коммуникационные технологии являются основой такого комплементарного взаимодействия. В результате таких растущих взаимодействий данных, алгоритмов, инструментария с коммуникационными технологиями, а также человеческих, финансовых и материальных ресурсов люди и экономика становятся все более ориентированы на информацию, делая ее одним из самых ценных активов.

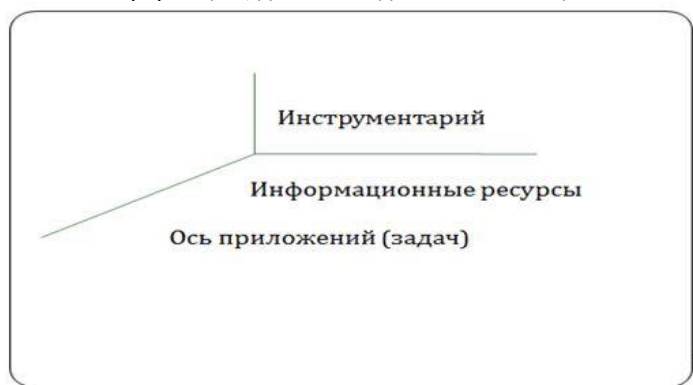


Рисунок 2. Проектное пространство информационных систем

В ИС первого этапа почти все разрабатываемое ПО было ориентировано либо на нужды конкретного предприятия, либо на нужды узкого круга однотипных предприятий. При этом требовало значи-

тельных затрат на его поддержку. Это был классический, так называемый, позадачный подход. На втором – с совершенствованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), приведших к стандартизации, кооперации, интеграции и уменьшению стоимости ПО, функциональные возможности систем расширились. Данный процесс позволил оптимизировать управленческие функции, методы обработки информации. Третий этап связан с появлением локальных вычислительных сетей (ЛВС), систем управления базами данных (СУБД). На данном этапе уже и ПО, и данные были физически и логически отделены от конкретных вычислительных средств с размещением их на виртуальных компьютерах в узлах ЛВС. При этом, начиная со второго этапа, возникла экономическая целесообразность в тиражировании ИС на некоторый круг предприятий.

Многообразие используемых информационных технологий, в большинстве своем онтологически и функционально несовместимых, превратили в основном теоретическую проблему интеграции ИР, приложений и инструментария в чрезвычайно актуальную в экономическом и практическом плане задачу интеграции их в единую информационно-управленческую среду при переходе к четвертому этапу эволюции ИС, связанному с ЦЭ. Данную задачу невозможно разрешить без согласования цифровых стандартов на всех осях проектного пространства ИС, основой которых должны стать методы онтологического моделирования приложений (знаний, задач) и ИР, позволяющие связать их, имеющих в большинстве своем, гетерогенную структуру, в единое информационное пространство.

Исследования и разработки в области онтологического моделирования активно развиваются во всем мире, что вызвано переходом к четвертому этапу эволюции ИС, а также идеями семантических технологий, пространствами знаний и Semantic Web. В связи с этим особенно востребованы исследования в области моделей и методов объединения и выравнивания онтологий (ontology merging & alignment) (Ефименко, 2011).

Формализуем основное требование ЦЭ в виде интеграции как ИС, так и ИР, используемых для решения ее задач, для чего введем обозначения:

m – код отрасли, $m \in N$;

j – код подотрасли, $j \in J$;

k – код предметной области, $k \in K$;

i – код предприятия, $i \in I$;

n – код задачи, $n \in N$;

l_{mjkin} – информационный элемент ИР, $l_{mjkin} \in L$;

z_{mjkin} – индекс задач, принимающий значение 0 или 1 в зависимости от наличия n -й задачи в соответствующем множестве $z_{mjkin} \in Z$;

d_{mjkin} – инструмент проектирования соответствующей ИС, $d_{mjkin} \in D$;

$A_1(l_{mjkin})$ – оператор онтологического моделирования ИР, который все множество L представляет в виде

$$L = L_1 \text{ Y } L_2 \text{ Y } L_3 \text{ Y } L_4 \text{ Y } L_5 ,$$

где L_1 – множество ИР, в которое входят онтологически единые информационные элементы l_m^1 для целой отрасли m , $l_m^1 \in L_1$,

L_2 – множество ИР, в которое входят онтологически единые информационные элементы l_{mj}^2 для j -й подотрасли отрасли m , $l_{mj}^2 \in L_2$,

L_3 – множество ИР, в которое входят онтологически единые информационные элементы l_{mjk}^3 для k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $l_{mjk}^3 \in L_3$,

L_4 – множество ИР, в которое входят онтологически единые информационные элементы l_{mjki}^4 для i -го предприятия k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $l_{mjki}^4 \in L_4$,

L_5 – множество ИР, в которое входят онтологически единые информационные элементы l^5_{mjkin} только для n -й задачи для i -го предприятия k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $l^5_{mjkin} \in L_5$,

$A_z(z_{mjkin})$ – оператор онтологического моделирования задач, который все множество Z представляет в виде $Z = Z_1 \cup Z_2 \cup Z_3 \cup Z_4 \cup Z_5$,

где Z_1 – множество задач, в которое входят онтологически единые задачи z^1_m для целой отрасли m , $z^1_m \in Z_1$,

Z_2 – множество задач, в которое входят онтологически единые задачи z^2_{mj} для j -й подотрасли отрасли m , $z^2_{mj} \in Z_2$,

Z_3 – множество задач, в которое входят онтологически единые задачи z^3_{mjk} для k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $z^3_{mjk} \in Z_3$,

Z_4 – множество задач, в которое входят онтологически единые задачи z^4_{mjki} для i -го предприятия k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $z^4_{mjki} \in Z_4$,

Z_5 – множество задач, в которое входят онтологически единые задачи z^5_{mjkin} только для n -й задачи для i -го предприятия k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $z^5_{mjkin} \in Z_5$.

Аналогично определим через $A_d(d_{mjkin})$ оператор классификации инструментария проектирования ИС, где $D = D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup D_4 \cup D_5$,

где D_1 – множество инструментов проектирования, в которое входят типовые инструменты d^1_m для целой отрасли m , $d^1_m \in D_1$,

D_2 – множество инструментов проектирования, в которое входят типовые инструменты d^2_{mj} для j -й подотрасли отрасли m , $d^2_{mj} \in D_2$,

D_3 – множество инструментов проектирования, в которое входят типовые инструменты d^3_{mjk} для k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $d^3_{mjk} \in D_3$,

D_4 – множество инструментов проектирования, в которое входят типовые инструменты d^4_{mjki} для i -го предприятия k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $d^4_{mjki} \in D_4$,

D_5 – множество инструментов проектирования, в которое входят типовые инструменты d^5_{mjkin} только для n -й задачи для i -го предприятия k -й предметной области j -й подотрасли отрасли m , $d^5_{mjkin} \in D_5$.

Тогда через $P(A_l(l_{mjkin}), A_z(z_{mjkin}), A_d(d_{mjkin}))$ выразим оператор проектирования ИС в ЦЭ, а через $W(P(A_l(l_{mjkin}), A_z(z_{mjkin}), A_d(d_{mjkin})), R, G)$ – некоторый критерий эффективности проектирования ИС, где R – ресурсы, выделенные на проектирование, G – различного рода ограничения, к основным из которых можно отнести ограничения на так называемые комплементарные активы в виде структуры управления, уровня развития человеческого капитала (Milgrom, 1990).

В зависимости от применяемых методов и моделей проектирования ИС различают индивидуальное, типовое и автоматизированное проектирование. В ЦЭ, когда развитие ИКТ позволяет осуществить разумный уровень интеграции как ИР, так и задач путем оптимизации критерия W , имеет большое значение решение следующей задачи: путем выбора подходящего оператора проектирования P добиться заданных значений характеристик ИС. В свое время рассмотренные соотношения получили и числовое

подтверждение, выраженное наглядно в виде так называемого квадрата Брукса (Брукс, 2001), представленного на рис. 3.

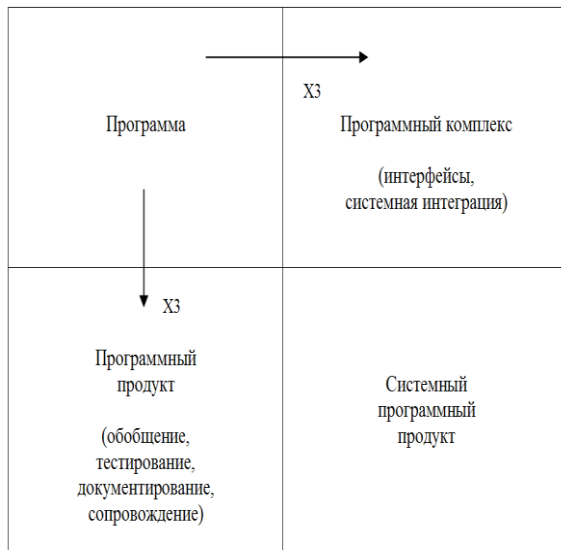


Рисунок 3. Квадрат Брукса

дартизированным функциям управления в новых цифровых технологиях.

Если на втором-третьем этапах экономическая и технологическая целесообразность привели в части интеграционных процессов к появлению международных стандартов управления типа ERP, представляющих собой лишь методологию, то в последние 2-3 года в США стали широко применяться облачные платформы и сервисы, основанные на следующих специализированных платформах: платформах-агрегаторах первичного сбора и накопления сельскохозяйственной информации и прикладных платформах (управленческие задачи) (J'son & Partners, 2020). Данный подход почти идентичен рассмотренному выше ЕИИПЦВ. Облачное взаимодействие на основе уже существующих (????) стандартов на все оси проектного пространства между этими платформами делает их доступными для хозяйств всех размеров, а не только для отдельных наиболее крупных хозяйств.

Данная стандартизация скажется и на межотраслевых взаимоотношениях между производителями, перерабатывающими, логистическими, оптовыми и розничными фирмами за счет разработки облачных технологий модели прямых продаж, когда все звенья цепочки «видят» друг друга, вплоть до конечного потребителя, а также на сроках, объемах, номенклатуре и качестве спроса. В этом случае реализуется принцип прослеживаемости, поскольку производство позволяет перейти от фазы контроля качества после выхода продукции к принципу оперативного контроля всех производственных операций. Таким образом, можно сделать вывод, что с каждым новым этапом эволюции ИС количество предприятий, подлежащих автоматизации на основе интеграции и цифровой стандартизации, растет с включением в такой процесс целых отраслей и стран.

Приведенное формализованное обоснование перехода на методы интеграции и типизации при разработке ИС в АПК послужило основой определения ЦПУ управления экономикой, которое, в свою очередь, привело к разработке математической модели формирования ЦПУ для управления экономикой отрасли АПК (Меденников, 2019).

3. Место цифровой платформы научно-образовательных ресурсов в ЦЭС в цифровой экосистеме АПК

В данном разделе рассмотрим цифровую платформу информационных научно-образовательных ресурсов (ЦПИНОР), являющуюся базовой составной частью цифровой экосистемы АПК, и более привычной под названием единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИПНОР) (Меденников, 2017). ЕИИПНОР может быть назван составной частью цифровой экосистемы АПК на современном этапе цифровизации страны лишь условно, поскольку абсолютно никак не связан со второй базовой цифровой платформой (ЦП) – единой ЦПУ производством в силу ряда причин: вследствие отстранения государством науки от научного обеспечения процесса цифровизации экономики и общества, а также в результате проведенных реформ, направленных лишь на увеличение наукометрических показателей ученых в соответствии с созданным механизмом принуждения, который заставляет науку выбирать темы исследований в соответствии с указанными выше критериями, а не потребностями экономики, общества. Главную причину этого в свое время выразил просто Жорес Алферов: «Главная проблема российской науки – её невостребованность экономикой и обществом». В результате этого данные платформы в стране существуют сами по себе, почти не пересекаясь. А это противоречит классическому научному понятию системы как совокупности взаимосвязанных элементов, объединенных в одно целое для достижения некоторой цели, которая определяется назначением системы. Для исправления этого недостатка в работе (Ерешко, 2016) предлагается

механизм формирования Единого информационного Интернет-пространства цифрового взаимодействия страны (цифровой экосистемы АПК), интегрирующего указанные базовые цифровые платформы, отражающие запросы цифровой экономики (ЦЭ).

Для интеграции ИНОР была разработана соответствующая математическая модель формирования ЕИИПНОР, необходимость которой обусловлена, с одной стороны, запросами ЦЭ, требующей значительного количества высококвалифицированных специалистов, кардинального обновления производства, переобучения работников всех уровней, перехода на современные методы управления, потребностью в этих ресурсах всех слоев пользователей: студентов, преподавателей, ученых, будущих абитуриентов, госорганов, товаропроизводителей, других категорий населения; с другой стороны, возможностями ИКТ осуществить интеграцию всех ИНОР в единое информационное пространство знаний с единых научно-технологических позиций с размещением ИР в облаке под управлением мощной СУБД с использованием единых реестров и классификаторов (Меденников, 2017).

Однако руководство РАН, Минобрнауки, отраслевых министерств никак не отреагировали на надвигающиеся возможности ЦЭ, поэтому так и продолжили финансирование формирования гетерогенных информационных систем (ИС), предназначенных в основном для реализации учетных функций. В результате чего государство не смогло сформировать единую эффективную систему сбора, хранения и предоставления широкому слою пользователей научно-образовательных знаний, произведенных в НИИ и ВУЗах. К настоящему времени эти ресурсы сосредоточены во всевозможных БД, изолированных и не связанных друг с другом. Например, в интересах широкого круга потребителей научных знаний, в наибольшей степени ориентированных на поддержку инновационной деятельности, можно найти информацию из следующих источников: e-library, БД ФИПС, БД "ЕГИСУ НИОКТР", сайты НИИ, федеральный портал по научной и инновационной деятельности (www.sci-innov.ru), ИС Российского фонда фундаментальных исследований (www.rfbr.ru/rffi/ru), ИС ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы» (www.fcntp.ru), ИС Фонда содействия развитию малых и средних предприятий в научно-технической сфере (<http://fasi.ru>), ИС Центра информационных технологий и систем органов исполнительной власти (www.citis.ru). Все эти источники, как и следовало ожидать, имеют гетерогенные структуры.

К сожалению, ценная и актуальная информация этих БД и ИС практически недоступна для использования в инновационной сфере. Основная причина – неразвитость коммуникативной функции, т.е. отсутствие свободного доступа к их содержимому из сети Интернет, отсутствие их интеграции. С другой стороны, товаропроизводителю необходим значительный «ассортимент» научной продукции. Анализ сайтов НИИ, ВУЗов, информационно-консультационных служб АПК позволил выделить семь видов ИНОР, присутствующих в том или ином виде на этих сайтах: разработки, публикации, консультационная деятельность, нормативно-правовая информация, дистанционное обучение, ППП, БД. Именно данные виды представления научных знаний наиболее востребованы в экономике АПК (Меденников, 2017).

В результате такого отношения государства к науке существующая до того времени система распространения инноваций в виде сборников, аннотаций и прочих бумажных оперативных выпусков была разрушена, а новая на основе ИКТ – не сформирована. В стране сложилась ситуация, когда экономика осталась без научной подпитки в виде разработок, публикаций, нормативно-правовой информации, аналитики и прочих данных, необходимых и бизнесу, и менеджменту. Сейчас происходит то же самое с цифровизацией страны: отстранив ученых от научного обеспечения процесса цифровизации экономики и общества, государство ставит под сомнение эффективность выполнения соответствующей Программы. Например, анализ содержимого сайтов аграрных НИИ проиллюстрировал, что осуществленная в последние годы реформа науки отрицательно сказалась на состоянии содержимого их сайтов. Организованные ФИЦ и ФНЦ, в лучшем случае, поддерживают сайты головных НИИ, где можно найти лишь краткие сведения о включенных в них институтах, сайты которых, зачастую, не актуализируются, а порой просто закрываются. Информация о хранящихся на сайтах разработках, публикациях и других научных знаниях не переносится на сайты головных НИИ, в результате чего потребители необходимых для них ценных научных знаний остаются неудовлетворенными. Таким образом, результатом реформы науки стало значительно возросшее количество малоинформативных сайтов.

Необходимость совершенствования цифровизации науки диктуется, в частности, тем, что под ее влиянием в самой науке происходят крупные изменения, ведущие к глубокой мировой научной революции. И это происходит на наших глазах, идут сложные процессы интеграции наук, возникают новые отрасли научного познания в результате исследований все более сложных явлений и процессов как живой, так и неживой материи на основе возможностей обработки большого объема получаемой информации о них с одновременным повышением ее точности. Экспоненциальное же приращение объема научных знаний, особенно с началом цифровизации всех процессов в мире, привело к тому, что за период начиная с середины прошлого века наукой произведено около 90% всех мировых знаний. Если в средние века ежегодно в Европе издавалось около 1000 книг, то к середине прошлого века выпускалось уже свыше 1,2 млн книг. При этом каждые пятьдесят лет количество научных журналов и статей в развитых странах увеличивается в два раза (Меденников, 2019). Это объясняется тем фактом, что почти 90% всех ученых, существовавших за всю историю человечества, работают в настоящий ее

период. При этом происходит стремительное обновление научных знаний с соответствующим темпом морального износа. Например, знания обновляются на 50% каждую пятилетку, период полустарения их в годах составляет: в математике 10,5 – лет, физике – 4,6, химии – 8.1. Очевидно, что собрать, сохранить и обработать весь массив получаемой научной информации прежними средствами становится уже невозможно. Естественно, попытки автоматизировать данный процесс отдельными учеными, организациями без формирования некоторого интегрированного структурированного информационного пространства научных и образовательных ресурсов привели к значительному росту невостребованной информации и значительному дублированию ее. Использование в процессе научных исследований, в хранении, переработке и выдаче их результатов широкому кругу пользователей в виде указанного выше ЕИИПНОР явится средством разрешения противоречия между нарастающим объемом научных знаний и возможностью их целевого использования с достаточной эффективностью.

На рис. 4 отображена функциональная структура ЦПНОР с перечнем различных подпроектов-сервисов, число которых по мере накопления информации будет постоянно возрастать. В частности, проявились в последнее время современные тенденции предоставления информационных услуг НИИ и ВУЗами в интернет-пространстве в виде электронных бирж труда (ЭБТ) и торговых площадок (ЭТП).

Анализ ЦП, анонсированных в Программе ЦЭ, указывает на отсутствие, пожалуй, одной из основных – ЦПИНОР. При этом руководство страны никакой заинтересованности в науке в этом направлении не проявляет. Это подтверждается, в частности, разработанной Минсельхозом [концепцией национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство»](#), в которой не нашлось места вопросам формирования единой образовательной среды АПК, трансферу инновационных разработок в производство.

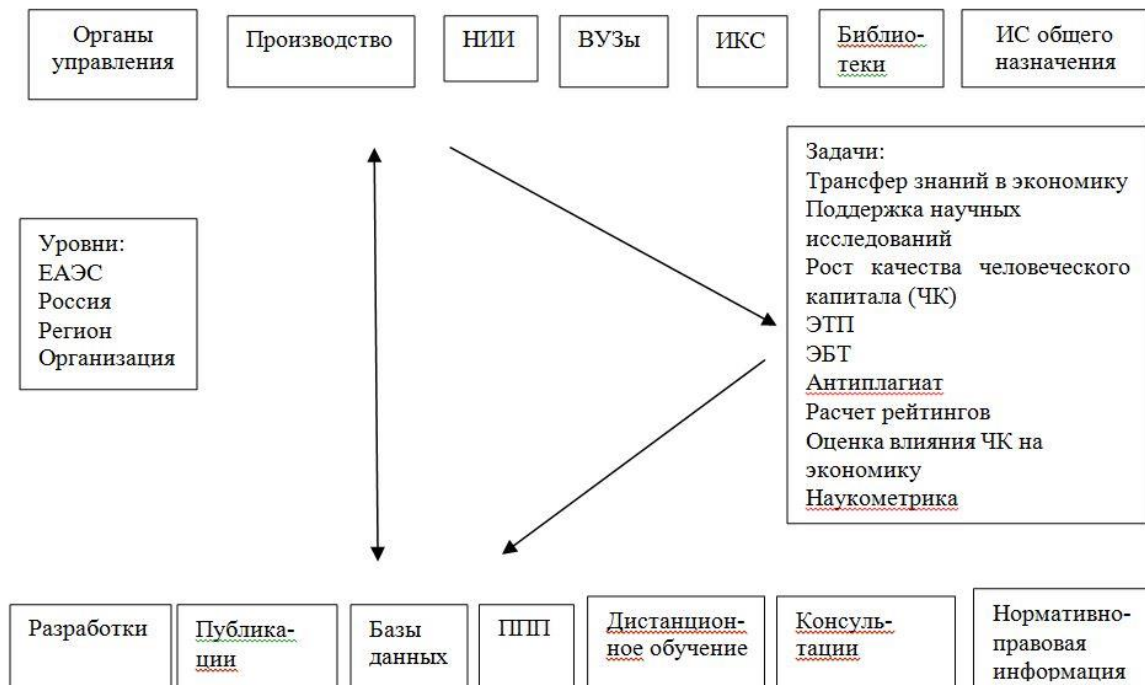


Рисунок 4. Структура ЦПНОР

4. Онтологическая интеграция базовых цифровых платформ ЦПУ и ЦПНОР в экосистеме АПК

Как отмечено выше, одним из критериев отнесения ИС к ЦЭС является наличие биологического фактора. В АПК же ЦЭ подняла огромный пласт научных исследований именно в области биологизации производства, внедрение которых заставляет развитые страны идти по пути интеграции научных и производственных ИС, поскольку цифровизация экономики значительно расширила круг решаемых задач не только в производстве, но и в науке, позволяя чисто теоретическим научным исследованиям активно проникать в производство. Для этого нужны соответствующие интеграционные механизмы с производственными ИС на основе цифровых стандартов, онтологического моделирования и организационных структур.

Например, давно известно, что растениеводство тесно связано с другими науками: физикой, химией, ботаникой, физиологией растений, геологией, почвоведением, метеорологией, агрохимией, земледелием, сельскохозяйственной мелиорацией, селекцией и семеноводством, энтомологией, фитопатологией, механизацией, экономикой, организацией и планированием сельскохозяйственного производства. Однако только сейчас эти дисциплины начинают активно проникать через научные исследования в агропромышленное производство. Если в недалеком прошлом были исследованы закономер-

ности влияния на развитие растений в основном лишь азота, фосфора и калия, то в данный момент к ним присоединяются и другие питательные вещества: кальций, магний, сера, хлор, медь, марганец, железо, бор, молибден, цинк, углерод, водород, кислород и др. К тому же делаются попытки обнаружить закономерности получения питательных веществ не только в виде удобрений, а и за счет симбиоза высших растений с бактериями, симбиоза высших растений с грибами, обеспечения растением своих потребностей в питательных веществах за счет других организмов, самостоятельного обеспечения растением своих потребностей в питательных веществах. Также возникла возможность исследовать мобилизацию или иммобилизацию отдельных питательных веществ в почве за счет управления химическими, физико-химическими и микробиологическими процессами, биологическими свойствами самого растения, динамикой поглощения отдельных катионов и анионов в процессе вегетации.

Широкий охват новых методов исследований происходит и в животноводстве, например, биотехнологические методы в селекции, генетической инженерии и геномном редактировании животных. Наиболее активно и более всесторонне исследования в этой сфере осуществляются в развитых странах Запада. Практические результаты лабораторных исследований влекут за собой и появление новых, либо трансформацию действующих систем машин, технологий производства, и организацию работ. Поскольку во всем мире научные организации пользуются онтологически и функционально несоединимыми ПО, как в научной среде, так и с применяемым фирмами-разработчиками для внедрения коммерческих ИС на аграрных предприятиях, то для ускоренного внедрения современных разработок в эпоху ЦЭ в развитых странах начали создавать и финансировать центры инновационных разработок, которые рассматриваются как новая модель сотрудничества между правительством, бизнесом, с одной стороны, и сельскохозяйственной наукой, с другой стороны (Райков, 2020).

Наиболее системно данный процесс проявляется в Великобритании, поставившей перед собой амбициозную цель «создавать новые цифровые технологии, в том числе в сельском хозяйстве и экспортировать их по всему миру» в соответствии с документом «Промышленная Стратегия: строительство Великобритании для будущего», принятым в 2018г. В отношении перспектив развития сельского хозяйства в Стратегии пишется: «Правительство намерено «переместить» сельское хозяйство на позицию высокоэффективного и высокоиндустриального сектора экономики (Райков, 2020).

С этой целью в стране создана и финансируется государственная программа «Трансформация производства продовольствия: от с/х фермы до тарелки» (Transforming food production: from farm to fork), реализация которой позволит переместить сельское хозяйство страны на самые передовые позиции в мире. В связи с этим большое внимание уделяется созданию и финансированию Центров инновационных разработок, в задачи которых входят:

- создание инновационных разработок по запросам реального с/х сектора;
- внедрение инновационных разработок в практическое земледелие и животноводство;
- поиск новых подходов в решении вызовов современного сельского хозяйства;
- создание и внедрение новых цифровых моделей, гарантирующих трансформацию традиционных с/х технологий в инновационные.

В качестве примера такой инициативы можно привести выделение 90 млн. ф.ст. британским правительством на строительство и техническое оснащение Центра Инноваций в животноводстве (CIEL), который создается с целью разработки и внедрения цифровых технологий в животноводческую отрасль. Девиз работы специалистов CIEL: «От клетки к высокопродуктивному организму». CIEL имеет прямые научные связи с 12-ю НИИ мирового уровня, что позволяет ему обеспечить реализацию их инноваций в виде востребованных производством высококлассных IT-разработок, провести их испытания на животноводческих фермах, а также внедрить инновации в реальное производство.

Другой пример. В результате интеграции научных разработок под контролем сотрудников британского университета Харпера Адамса в 2018г. впервые в мире на площади 1 га выращен сорт озимой пшеницы без участия человека. Все операции по обработке опытного участка, посеву, уходу за посевом и обмолоту озимой пшеницы были проведены роботизированными самоходными машинами и механизмами с урожайностью зерна около 70 ц/га. Специальные роботизированные самоходные машины внесли полный комплекс минеральных удобрений на опытном поле, провели обработку почвы и посев семян, а также осуществили защиту растений пшеницы от вредителей и болезней. Ученые университета добились того, что самоходные машины и механизмы двигались по полю согласно запланированной схеме перемещения, при этом их отклонение от «плановых» линий движения не превышало 5 см. Также отмечается, что вариабельность глубины посева семян культуры при закладке опыта осенью 2017г. не превышала 0,35 %, в то время, как данный показатель в аналогичном опыте годом ранее был намного выше и составлял 2,5 %.

Аналогично в Германии для поиска и отработки наиболее пригодных технологий точного земледелия (ТЧЗ) на базе ДЗЗ сформирован междисциплинарный проект «Preaagro», финансируемый Министерством образования и науки, в соответствии с согласованной концепцией ТЧЗ. На основе комплексного подхода для выполнения проекта было проведено соответствующее техническое и программное оснащение сельскохозяйственной техники. Проект задуман с целью разработки прецизионных технологий в растениеводстве с учетом микроусловий участков полей размером 20 на 20 метров с использованием данных ДЗЗ. К проекту с целью повышения экономической эффективности новых агротехно-

логий привлечено несколько промышленных, научных и финансовых предприятий для обеспечения его необходимыми средствами и ресурсами. По прогнозам, в результате эксперимента ожидается увеличение урожайности культур до 30% и экономия всех ресурсов в размере 100-150 евро/га. Поскольку большинство фермеров в Германии хорошо оснащены передовой сельскохозяйственной и вычислительной техникой, то исследования и различные эксперименты предназначены для скорейшего внедрения отработанных цифровых технологий дифференцированного внесения химикатов, в частности, удобрений с учетом характеристик небольших участков посевов с использованием всего арсенала данных ДЗЗ, ТЧЗ, GPS, ГИС-технологий. Большинство фермерских хозяйств Германии имеют передовую сельскохозяйственную технику, вычислительную технику, дающую возможность доступа к базам данных почвенных карт, цифровым данным и снимкам ДЗЗ. Проблем с широким распространением отработанных технологий по всей Германии не должно возникнуть, поскольку, как уже отмечалось, хозяйства хорошо оснащены и вычислительной техникой, позволяющей обращаться к базам данных различных цифровых сервисов (почвенные карты, снимки ДЗЗ и пр), также эффективно функционирует сервисная и информационно-консультационная служба для оказания помощи по внедрению отработанных агротехнологий, по забору и анализу образцов почвы, картированию полей, по приобретению необходимого оборудования ТЧЗ.

Китай также начал проводить первые эксперименты по использованию технологий ТЧЗ возле Шанхая. Целью также является отработка технологий сбалансированного питания посевов до индустриализации их. В экспериментах на 460 участках применяются до 11 типов питательных элементов. Первые результаты показывают, что урожайность арбузов повысилась в диапазоне с 14 до 27%, а сахаристость арбузов выросла в три раза, урожай риса вырос на 9-13% и пшеницы - на 18% (Бутрова, 2019).

Анализ данного опыта, а также множества других экспериментов применения ТЧЗ в мире показывает, что цифровые технологии позволяют решить множество различных задач по выращиванию растений и животных, но их применение требует привлечения значительного объема дополнительной информации, как накопленной в течение длительного времени, так и оперативной с соответствующей интеграцией ее с датчиками, оборудованием и исполнительными механизмами, устанавливаемыми на сельскохозяйственную технику. В этой ситуации центры инновационных разработок вынуждены брать на себя роль интегратора информационных ресурсов (ИР) и информационных систем (ИС), используемых наукой, роль, в некотором смысле, генерального конструктора системы с онтологическим моделированием предметных областей. Тогда взаимоотношения научных организаций, инновационных центров и производства можно представить в виде схемы на рис. 5. При этом инновационные центры могут придерживаться отличных друг от друга цифровых стандартов на ИР, приложений (решаемых задач в ИС) и общесистемного программного обеспечения. Однако, как обычно бывает при недостаточном количестве рыночных агентов, конкурентная борьба заставит данные центры гармонизировать указанные цифровые стандарты.

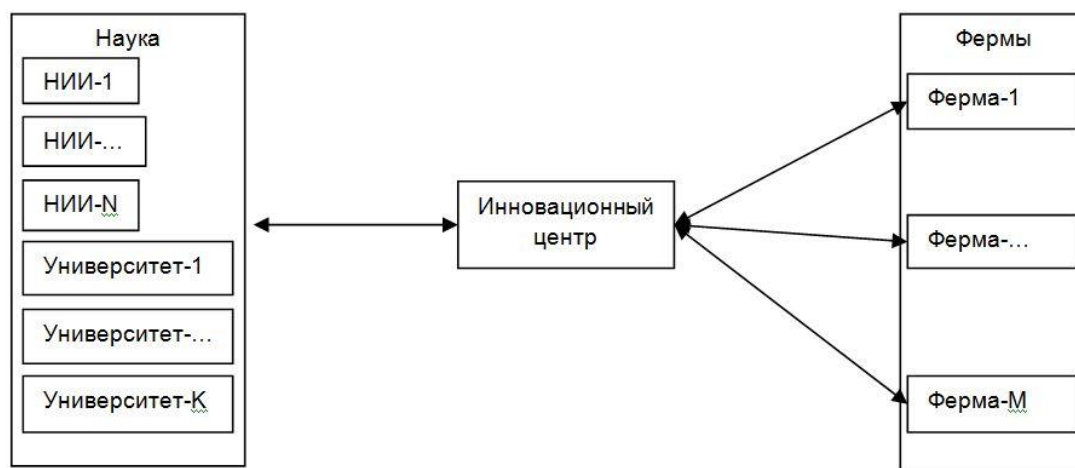


Рисунок 5. Схема взаимоотношений научных организаций, инновационных центров и производства

Как видно из анализа тенденций цифровизации сельского хозяйства развитых стран, наука играет значительную роль в этом процессе, а благодаря инновационным центрам формируется эффективная система трансфера знаний в экономику. Если у них активно создают центры инноваций, то у нас, наоборот, закрывают. В результате, с молчаливого согласия РАН, Минсельхоза в свое время был ликвидирован Всероссийский научно-исследовательский институт кибернетики агропромышленного комплекса (ВНИИК), разработавший единые онтологические модели для большинства типов предприятий, а накануне принятия Программы ЦЭ и с согласия Минобрнауки в институте аграрных проблем и информатики (ВИАПИ) была закрыта и тематика исследований по ЦЭ отрасли. При ликвидации же ВНИИК были вывезены на свалку два грузовика технорабочих проектов по информатизации на основе

типизации и онтологического моделирования ИС основных видов предприятий АПК, которые при нынешнем положении с цифровизацией отрасли Минсельхоз не состоянии, в принципе, повторить.

Рассмотрим причины такого положения. Во-первых, ЦЭ пожинает плоды отказа от реализации проекта общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС), предложенного выдающимися советскими учеными А.И. Китовым и В.М. Глушковым, что сказалось в дальнейшем на всех ИТ в стране (Глушков, 1975). Отказ от реализации ОГАС руководством страны привел к появлению огромного количества разработанных на основе оригинального проектирования онтологически и функционально несовместимых ИС, как в министерствах, региональных органах, так и на предприятиях страны. Идеи же ОГАС обеспечивали формирование единой системы сбора и анализа первичной учетной и статистической информации, разработку типовых ИС на основе выработанных стандартов. Во-вторых, такое положение вытекает из цифрового феодализма России, когда из двух полярных подходов к цифровизации: – планового (Китай) и рыночного (США) – было принято решение сделать ставку в этой сфере на ряд госкорпораций за неимением достаточных ресурсов для реализации китайского сценария и достаточного числа рыночных экономических субъектов в области ИТ-технологий для выработки стандартов ЦЭ рыночным путем. Данный подход наблюдается и при цифровизации АПК, отданной на откуп крупным агрохолдингам, что порождает сомнения, что формирование технологических платформ ЦЭ госкорпорациями и агрохолдингами без единой концепции, архитектуры, стандартов, генерального конструктора со своей научной и опытно-производственной базой (инновационными центрами) приведет к их интеграции в дальнейшем.

По истечении уже достаточного периода времени после принятия Программы цифровой экономики в стране мы видим негативные последствия такого решения. Цифровой феодализм породил иллюзию о ненужности интегратора научных знаний организаций, который бы комплексно с системных позиций занимался цифровизацией общества.

Прежде чем приступить к рассмотрению необходимости интеграции научных и технологических ИР для управления сельским хозяйством, напомним механизм разработки концептуальной, или онтологической информационной модели (рис. 6), описывающей предметную область в целях информатизации ее. Инфологическая модель — это описание структуры и динамики предметной области, характера информационных потребностей пользователей системы в терминах, понятных пользователю и не зависящих от особенностей реализации системы в среде конкретной СУБД. Допустим, в задачах №1 и №2 концептуальные (онтологические) модели уже разработаны в виде множества A -левого овала для задачи №1 и B -правого овала для задачи №2. При интеграции задач возникает потребность их объединения. Поэтому новое онтологическое моделирование возникает лишь по множеству их пересечения $A \cup B$. И для инженера по онтологиям, порой, это серьезная задача.

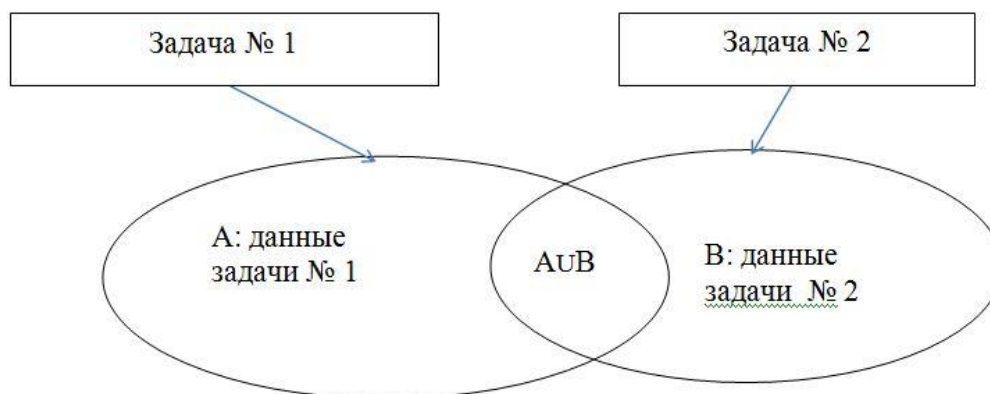


Рисунок 6. Иллюстрация потребности в онтологическом моделировании

Конечно, при внедрении разработок НИИ в производство можно было бы пойти по пути сведения напрямую научных организаций и предприятий АПК. Но это будет слишком дорого и, практически, невозможно в силу позадачного проектирования и разработки ИС. Во-первых, на предприятиях эксплуатируются в большинстве своем оригинальные ИС, не совместимые друг с другом. Во-вторых, научные организации редко используют СУБД и инструментальные программные средства, если вообще используют, совместимые онтологически и функционально с программным обеспечением, применяемым фирмами-разработчиками для внедрения коммерческих ИС на предприятиях АПК, как, впрочем, и между собой. В-третьих, научные организации не имеют квалифицированных кадров в силу предлагаемой маленькой зарплаты и пренебрежительного отношения к ним в аграрных НИИ для интеграции разработок в коммерческие ИС. В такой ситуации на предприятиях потенциально, при 100%-й информатизации только в растениеводстве в стране окажется 4800000 ИС. Это еще не учитывая различные технологии, применяемые при этом, и научные цифровизированные разработки (Райков, 2020). Страна

такого бремени не выдержит. Кроме того, такой тупиковый подход делает невозможным межотраслевую интеграцию и ИР, и ИС, которая повсеместно начинает развиваться в развитых странах.

На рис. 7 представлена потребность в онтологическом моделировании научных (множество А) и производственных (множество В) ИР при формировании единой цифровой экосистемы АПК на принципах их интеграции, для чего необходимо проделать большую работу по онтологическому моделированию ИР всех НИИ (множества НИИ- i , $i=1, \dots, N$), ВУЗов, производственных ИР с выделением общих пересекающихся частей на базе соответствующего инструментария (Меденников, 2020; Зацаринный, 2017). В технологическом плане научные ИС должны находиться в разделах баз данных (БД), либо в пакетах прикладных программ (ППП) единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИПНОР) (Меденников, 2017).

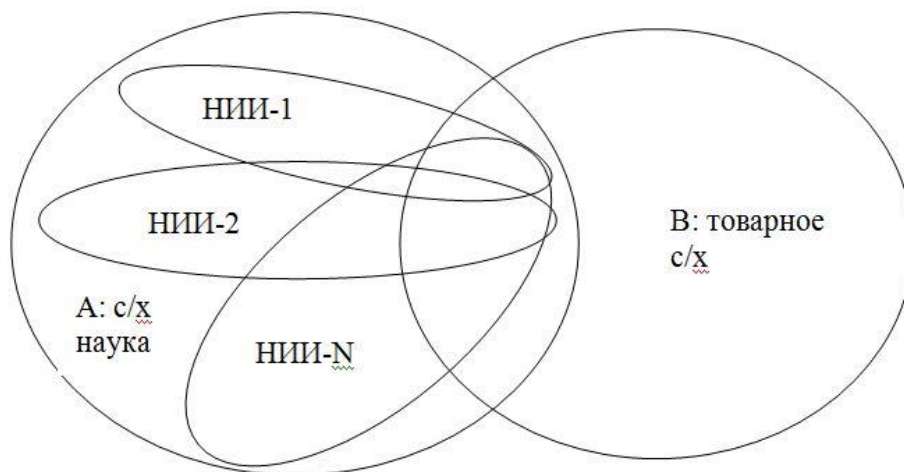


Рисунок 7. Потребность в интеграции аграрных информационных ресурсов на основе онтологического моделирования

Экономическая целесообразность такого интеграционного подхода наглядно представлена выше на рис. 3 в виде квадрата Брукса.

Таким образом, многообразие используемых ИТ, в большинстве своем, онтологически и функционально несовместимых, превратили в основном теоретическую проблему интеграции ИР, приложений и инструментария в чрезвычайно актуальную в экономическом и практическом плане задачу интеграции их в единую информационно-управленческую среду при переходе к цифровой эпохе.

Проанализируем опыт формирования центров инноваций в нашей стране в рамках подпрограммы электронизации АПК Комплексной программы (КП) НТП стран-членов СЭВ еще в 1985г. Огромный интерес, вызванный принятием программы цифровой экономики в 2017г., напоминает аналогичный ажиотаж при утверждении указанной программы. Как и сейчас, правительство страны тогда возлагало большие надежды на электронизацию народного хозяйства. К моменту принятия КП НТП самой большой проблемой страны было неэффективное сельское хозяйство, а электронизация полагалась одним из драйверов роста, поэтому, по договоренности двух академиков – Н.Н. Моисеева и А.А. Никонова – с М.С. Горбачевым был создан НИИ кибернетики АПК (ВНИИК), в который привлекли мощную команду специалистов в области информатизации (около 50 выпускников факультета управления и прикладной математики МФТИ). ВНИИК стал головной организацией по выполнению задания «Электронизация сельского хозяйства» в СЭВ.

В свете предстоящего появления большого количества персональных компьютеров в стране перед специалистами в области разработки информационно-управляющих систем (ИУС) встала важная научно-техническая проблема – выбрать стратегию информатизации на ближайшие десятилетия. Если пойти по рыночному пути, то включение стихийных механизмов регуляции процесса информатизации позволит сгладить остроту восприятия изменений, связанных с информатизацией, но сделает сам процесс более длительным и приведет к значительному перерасходу ресурсов (по Бруксу). При этом будут исключены из данного процесса большинство предприятий, например, в АПК – свыше 80% (Ерешко, 2019).

В качестве реального ресурсосберегающего пути осуществления процесса информатизации сельского хозяйства ВНИИК избрал путь комплексной информатизации эталонных объектов с разработкой типовых модулей ИС с последующим тиражированием как отдельных модулей, так и комплексных ИС. Такой подход позволил бы перевести существующий стихийный процесс информатизации в режим наблюдаемого и регулируемого, вовлечь в данный процесс многие сельскохозяйственные предприятия, которые не участвовали в нем в тот момент на единой методологической основе, исходя из единых требований к составу используемых аппаратных и программных средств. Практика подтверди-

ла правильность такого подхода внедрением отдельных подсистем в короткие сроки примерно в 1000 предприятий. Теоретической основой такого подхода явились рассмотренные выше идеи ОГАС. В этой ситуации место инновационного центра на рис. 5 займет ВНИИК.

Поскольку в данной ситуации интегратор оказался один, то можно было ставить задачу разработки онтологических (концептуальных) и логических моделей технологических БД в растениеводстве, животноводстве, механизации и т. д., единых для всех товарных сельскохозяйственных предприятий России. Аналогичным образом была проведена интеграция на основе онтологического моделирования технологических БД в 19 типах предприятий других отраслей. Например, на рис. 8 приведена укрупненная концептуальная информационная модель растениеводства, разработанная силами творческого коллектива из различных ведущих отраслевых растениеводческих НИИ и ВНИИК на единой методической основе. В скобках указано количество атрибутов в соответствующем информационном блоке. Кроме того, этим коллективом были выделены 240 задач онтологическим моделированием функций управления с едиными согласованными алгоритмами для всех сельскохозяйственных предприятий России. Результаты расчетов были получены на основе модели синтеза оптимальных ИС (Меденников, 1993). Также были разработаны единые классификаторы, словари, справочники, размещенные в БД ЦПУ, исходя из описания алгоритмов задач (см. описание в следующих подразделах).



Рисунок 8. Укрупненная концептуальная информационная модель растениеводства

Конечно, в научных исследованиях ввиду наличия дополнительных, более углубленных, показателей могли использоваться и другие концептуальные и логические модели данных, но на выходе в практику они должны были конвертироваться в единые БД. Также был разработан прообраз еще одного цифрового стандарта, так называемый базовый программный комплекс (БИПК), включающий набор инструментальных программных средств: генератор отчетных документов, СУБД, статистический пакет, пакет линейного программирования, оптимизационный пакет, интегрированные между собой на основе пакета «Мастер». Данный БИПК был протестирован и утвержден комиссией Госагропрома и рекомендован в качестве основного инструмента (стандарта) в АПК. Такой подход позволил довольно быстро внедрить отдельные подсистемы, как уже отмечалось, примерно в 1000 предприятий с созданием центров обучения и внедрения по всей стране.

Выводы

Указанные особенности формирования цифровой экосистемы страны, показанные на примере АПК, отстранение науки от участия в формировании и выполнении Программы ЦЭ, в результате которого появился значительный цифровой разрыв между цифровой платформой управления производством и цифровой платформой научно-образовательных ресурсов, который стремительно увеличивается, предполагают долгий и мучительный процесс формирования и интеграции различных отраслевых и научных ЦП в единую цифровую платформу управления экономикой страны. Этому способствует и фрагментарность, неполнота мероприятий, в частности, по развитию человеческого капитала. Мероприятия по выполнению программы по ЦЭ размыты по множеству организаций без разработки соот-

ветствующего согласованного проекта, в частности, единых онтологических моделей деятельности различных отраслей. Поэтому огромной армии информационных посредников еще долгие годы не будет грозить тотальное сокращение, прогнозируемое многими идеологами ЦЭ. Разработчики упомянутой Национальной программы, скорее всего, понимали, какие громадные изменения нужно сделать в стране, чтобы осуществить цифровую трансформацию реальной экономики, и поэтому не акцентировали на данной проблеме внимания, а ограничились в основном только аспектом сугубо предоставления новых форм государственных услуг и цифровизации банковской сферы, представители которой в целях сиюминутных интересов извратили понятие экосистемы.

Литература:

1. Филимонов И.В. (Филимонов) Экосистема цифровой экономики: проблемы предметной идентификации // Инновации и инвестиции. 2020. № 6. С. 51-58.
2. Senyo P., Liu K., Effah J. (Senyo) Digital business ecosystem: literature review and a framework for future research // International journal of information management. 2019. № 47. С. 52-64.
3. Hein A., Schreieck M., Riasanow T. (Hein) Digital platform ecosystems // Electronic Markets. 2019. С. 1-12.
4. Tansley A. (Tansley) The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms // Vegetational Concepts and Terms. 1935. Pp. 284-307.
5. Петриков А.В. (Петриков). Цифровизация АПК и совершенствование аграрной и сельской политики. Retrieved from [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=228044> (дата обращения 22.07.2021).
6. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533 (дата обращения 03.07.2020).
7. Меденников В.И. (Меденников) Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой страны // Цифровая экономика. 2019. №1(5). С. 25-35.
8. Агеев А.И. (Агеев) Насколько Россия подготовлена к вызовам XXI века // НГ-ЭНЕРГИЯ от 16.01.2019.
9. Ленчук Е. (Ленчук) Цифровая экономика в России? Секундочку ... [Электронный ресурс]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochku-5ccc6762a8ac8300b3495949> (дата обращения 17.06.2021).
10. Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И. (Ерешко) Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей // АПК: экономика, управление. 2018. № 10. С. 34-46.
11. Меденников В.И. (Меденников) Теоретические аспекты синтеза структур компьютерного управления агропромышленным производством. // Аграрная наука. 1993. N 2. С. 16-18.
12. Меденников В.И., Кузнецов И.М., Макеев М.В., Моторин О.А. (Меденников) Опыт системного подхода к цифровой трансформации АПК и направления реорганизации // Управление рисками в АПК. 2020. № 2. С. 51-61. URL: <http://www.agrorisk.ru/20200207>.
13. Меденников В.И., Муратова Л.Г., Сальников С.Г. (Меденников) Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов. –М.: Аналитик, 2017.
14. Экосистема цифровой экономики. (Экосистема) [Электронный ресурс]. – URL: https://raec.ru/upload/files/de-itogi_booklet.pdf (дата обращения 17.06.2021).
15. Глушков В.М. (Глушков) Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. – М.: «Статистика». 1975.
16. Ефименко, И. В., Хорошевский, В. Ф. (Ефименко) Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 1. Онтологическое моделирование: подходы, модели, методы, средства, решения. Изд. дом Высшей школы экономики, 2011.
17. Milgrom P., Roberts J. (Milgrom) The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // American Economic Review, 1990. Vol. 80(3). P. 511–528.
18. Брукс Ф. (Брукс) Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы. – СПб.: Символ-Плюс, 2001. – 304 с.
19. J'son & Partners Consulting. (J'son & Partners) Analysis of the market of cloud IoT platforms and applications for digital agriculture in the world and prospects in Russia // Retrieved from https://json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia.
20. Ерешко Ф.И., Меденников В.И., Сальников С.Г. (Ерешко) Проектирование единого информационного Интернет-пространства страны // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2016. №6. С. 184-187.
21. Райков А.Н., Меденников В.И. (Райков) Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России. Тенденции развития Интернет и цифровой экономики // Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Симферополь: ИП Зуева Т.В. 2020. С. 57-62.

22. Бутрова Е.В., Меденников В.И., Скляров А.Е. (Бутрова) Особенности применения результатов ДЗЗ для решения различных отраслевых задач и проблемы оценки его экономического эффекта // *Инновационная экономика*, 2019, № 2 (19), с. 4-11.
23. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. (Зацаринный) Системные аспекты технологии управления научными и образовательными сервисами // *Открытое образование*. 2017. Т.21. №2. С. 88-96.
24. Ерешко Ф.И., Меденников В.И., Богатырева Л.В. (Ерешко) Системный анализ проблем цифровой экономики и формирования цифровых платформ. // *Труды двенадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD'2019*. Москва. ИПУ РАН. С. 245-254.

References in Cyrillics

1. Filimonov I.V. (Filimonov) Ekosistema cifrovoj ekonomiki: problemy predmetnoj identifikacii // *Innovacii i investicii*. 2020. № 6. S. 51-58.
2. Senyo P., Liu K., Effah J. (Senyo) Digital business ecosystem: literature review and a framework for future research // *International journal of information management*. 2019. № 47. С. 52-64.
3. Hein A., Schreieck M., Riasanow T. (Hein) Digital platform ecosystems // *Electronic Markets*. 2019. С. 1-12.
4. Tansley A. (Tansley) The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms // *Vegetational Concepts and Terms*. 1935. Pp. 284-307.
5. Petrikov A.V. (Petrikov). Cifrovizaciya APK i sovershenstvovanie agrarnoj i sel'skoj politiki. Retrieved from [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=228044> (data obrashcheniya 22.07.2021).
6. 7. Konceptsiya «Nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya cifrovogo sel'skogo hozyajstva «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo» [Elektronnyj resurs]. – URL: http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533 (data obrashcheniya 03.07.2020).
8. Medennikov V.I. (Medennikov) Matematicheskaya model' formirovaniya cifrovyh platform upravleniya ekonomikoj strany // *Cifrovaya ekonomika*. 2019. №1(5). S. 25-35.
9. Ageev A.I. (Ageev) Naskol'ko Rossiya podgotovlena k vyzovam HKHI veka // *NG-ENERGIYA* ot 16.01.2019.
10. Lenchuk E. (Lenchuk) Cifrovaya ekonomika v Rossii? Sekundochku ... [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochku-5ccc6762a8ac8300b3495949> (data obrashcheniya 17.06.2021).
11. Ereshko F.I., Kul'ba V.V., Medennikov V.I. (Ereshko) Integraciya cifrovoj platformy APK s cifrovymi platformami smezhnyh otraslej // *APK: ekonomika, upravlenie*. 2018. № 10. S. 34-46.
12. Medennikov V.I. (Medennikov) Teoreticheskie aspekty sinteza struktur komp'yuternogo upravleniya agropromyshlennym proizvodstvom. // *Agrarnaya nauka*. 1993. N 2. S. 16-18.
13. Medennikov V.I., Kuznecov I.M., Makeev M.V., Motorin O.A. (Medennikov) Opyt sistemnogo podhoda k cifrovoj transformacii APK i napravleniya reorganizacii // *Upravlenie riskami v APK*. 2020. № 2. S. 51-61. URL: <http://www.agrorisk.ru/20200207>.
14. Medennikov V.I., Muratova L.G., Sal'nikov S.G. (Medennikov) Metodika ocenki effektivnosti ispol'zovaniya informacionnyh nauchno-obrazovatel'nyh resursov. –M.: Analitik, 2017.
15. Ekosistema cifrovoj ekonomiki. (Ekosistema) [Elektronnyj resurs]. – URL: https://raec.ru/upload/files/de-itogi_booklet.pdf (data obrashcheniya 17.06.2021).
16. Glushkov V.M. (Glushkov) Makroekonomicheskie modeli i principy postroeniya OGAS. – M.: «Statistika». 1975.
17. Efimenko, I. V., Horoshevskij, V. F. (Efimenko) Ontologicheskoe modelirovanie ekonomiki predpriyatij i otraslej sovremennoj Rossii: CHast' 1. Ontologicheskoe modelirovanie: podhody, modeli, metody, sredstva, resheniya. Izd. dom Vyshej shkoly ekonomiki, 2011.
18. Milgrom P., Roberts J. (Milgrom) The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // *American Economic Review*, 1990. Vol. 80(3). P. 511–528.
19. Bruks F. (Bruks) Mificheskij cheloveko-mesyac ili kak sozdayutsya programmnye sistemy. – SPb.: Simvol-Plyus, 2001. – 304 s.
20. J'son & Partners Consulting. (J'son & Partners) Analysis of the market of cloud IoT platforms and applications for digital agriculture in the world and prospects in Russia // Retrieved from https://json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia.
21. Ereshko F.I., Medennikov V.I., Sal'nikov S.G. (Ereshko) Proektirovanie edinogo informacionnogo Internet-prostranstva strany // *Biznes v zakone. Ekonomiko-yuridicheskij zhurnal*. 2016. №6. S. 184-187.
22. Rajkov A.N., Medennikov V.I. (Rajkov) Analiz opyta cifrovoj transformacii v mire dlya sel'skogo hozyajstva Rossii. Tendencii razvitiya Internet i cifrovoj ekonomiki // *Trudy III Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoj konferencii. Simferopol': IP Zueva T.V.* 2020. S. 57-62.

23. Butrova E.V., Medennikov V.I., Sklyarov A.E. (Butrova) Osobennosti primeneniya rezul'tatov DZZ dlya resheniya razlichnyh otraslevykh zadach i problemy ocenki ego ekonomicheskogo effekta // Innovacionnaya ekonomika, 2019, № 2 (19), s. 4-11.
24. Zacarinniy A.A., SHabanov A.P. (Zacarinniy) Sistemnye aspekty tekhnologii upravleniya nauchnymi i obrazovatel'nymi servisami // Otkrytoe obrazovanie. 2017. T.21. №2. S. 88-96.
25. Ereshko F.I., Medennikov V.I., Bogatyreva L.V. (Ereshko) Sistemnyj analiz problem cifrovoj ekonomiki i formirovaniya cifrovyykh platform. // Trudy dvenadcatoy mezhdunarodnoj konferencii «Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem» MLSD'2019. Moskva. IPU RAN. S. 245-254.

Меденников В.И., д.т.н., Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва (dommed@mail.ru)

Ключевые слова

Цифровая экосистема, агропромышленный комплекс, информационные системы, научно-образовательные ресурсы, цифровая экономика, онтологическое моделирование.

Victor Medennikov. System analysis of digital ecosystems of manufacturing industries using the example of the agro-industrial complex

Keywords

Digital ecosystem, agro-industrial complex, information systems, scientific and educational resources, digital economy, ontological modeling.

DOI: 10.34706/DE-2021-03-02

JEL classification: O34, M15

Abstract

The paper considers the emergence of a new terminology in the digitalization of society from a systemic perspective: "digital ecosystem", "ecosystem of the digital economy", "digital business ecosystem", "digital platform ecosystem", etc. It is shown that the ambiguity of these concepts, reinforced by the same uncertainty in the interpretation of the digital platform, leads to erosion and confusion of the scientific system approach to digitalization of real economy management, and also leads to a huge number of options for the development of this process, which prevents the fulfillment of the main requirement of the digital economy - data integration and algorithms. Using the example of the agro-industrial complex, as the most of all other industries that satisfies the classical understanding of the ecosystem due to the presence of a huge variety of biological species of animals and plants, natural factors, land resources, the definition of a digital ecosystem is given. Based on this definition, the work examines the methods of forming a scientifically grounded digital ecosystem of the agro-industrial complex, the basis of which is a single information Internet space of digital interaction of the country, which integrates a single digital platform for production management, and a single platform of information scientific and educational resources. This space is based on the ideas of A.I. Kitov and academician V.M. Glushkova on the nationwide automated system for collecting and processing information for accounting, planning and management of the national economy and is justified by mathematical modeling.