

НАУЧНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА НА ОСНОВЕ ПРЕДМЕТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОСИСТЕМ

Кульба В.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
kulba@ipu.ru

Меденников В.И.

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Москва, Россия*
dommed@mail.ru

Аннотация. На основе предметной идентификации экосистем, разрешающей опасную проблему детерминологизации основных понятий и терминов цифровизации страны, рассматривается научная цифровая экосистема, позволяющая строить оценки влияния науки на социально-экономическое положение регионов в условиях жесткого санкционного режима со стороны развитых стран.

Ключевые слова: экосистема, детерминологизация понятий, научная цифровая экосистема, развитие регионов, цифровая платформа.

Введение

Замечено, что при любом интенсивном развитии какой-либо отрасли науки или инженерных технологий в целях ускоренного внедрения новшеств в общем употреблении появляются некоторые «двойники» специальных, довольно сложных научно-технологических терминов. Как правило, «двойники» не имеют уже научной точности. Происходит так называемая детерминологизация понятий. Такие новые термины, становясь модными словами со значительным упрощением первоначально вкладываемых в них понятий, при этом теряют строгую системность, однозначность. Так, в связи с успешным повсеместным внедрением цифровых технологий в мире на основе выделенного одного из основных принципов этого процесса – создания системы управления информацией с интеграцией разрозненных данных в единую структурированную облачную среду в литературе появился ряд новых понятий: цифровая экосистема (ЦЭС), цифровая платформа (ЦП), цифровой двойник (ЦД). Данные понятия у первых авторов их были наполнены содержательным смыслом, исходя из целей исследований. Более того, в работах [1-3] показано, что при системном подходе к ним ЦЭС, ЦД и ЦП имеют много общего. В литературе же циркулируют десятки различных понятий и определений безотносительно к их целеполаганию.

Если интерес к ЦП и ЦД в настоящее время пропадает вслед за тематикой блокчейнизации всего общественного развития, то понятие «экосистема» приобретает все более популярное звучание, начинает входить в повестку дня на мировых экономических площадках. Поэтому важно на ранней стадии провести классификацию ЦЭС, пока детерминологизация этого понятия не поразила не только бизнес, но и часть научного сообщества, как это случилось с понятиями ЦД и ЦП. В качестве примера можно привести некоторые результаты их детерминологизации, когда вслед за представителями бизнеса и в научном сообществе появляются определения ЦП как совокупности математических моделей, баз необходимых данных [4]. Определение настолько размыто, что применимо к любому предприятию, как в прошлом веке, так и в век всеобщей цифровизации, и еще раз ложно убеждает читателей о необходимости создания своих ЦП на каждом предприятии, что приводит к фрагментарному, позадачному проектированию информационных систем (ИС) в большинстве отраслей страны, ликвидации интеграционных центров ИС. В результате появляются заявления экспертов, правда, очень далеких от информатизации, о том, что ЦП в сельском хозяйстве должно быть очень много: «экспертная команда программы ЦЭ полагает, что в рамках цифровой трансформации должно создаваться множество информационных платформ» [5].

На основании такого подхода директор института аграрных проблем и информатики Петриков А.В. даже принял решение о ненужности тематики исследований по ЦЭ 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 с цифровизацией АПК лучше справится рынок. Вслед за ним и Минсельхоз начал так считать, в результате за эти годы не ввел в подведомственных ВУЗах ни одной новой специальности по ЦЭ. Под ЦД же наиболее распространено среди исследователей такое понятие: «Цифровые двойники представляют виртуальную модель реального объекта, который описывается математическими зависимостями и связан с базой данных параметров этого объекта» [6].

В [4] ЦД определяется еще более упрощенно – в виде одной базовой математической модели. Мало того, что утверждается, что у каждого предприятия есть лишь только один ЦД, так в данной работе допущена методологическая ошибка неправомерности механического переноса модели межотраслевого баланса страны на уровень предприятия, в частности, сельскохозяйственного, где под фондообразующими продуктами понимаются морковь, свекла и др. продукты. Данные понятия противоречат уже превращающемуся в классическое определение ЦД [7], представляющего комплекс взаимосвязанных математических моделей и данных, описывающих все стороны деятельности предприятия и помогающих оптимизировать эффективность бизнеса. При этом некоторые исследователи накладывают довольно жесткие требования на погрешность работы ЦД, которая не должна превышать 5 %, то есть на адекватность всего комплекса моделей. Такая высокая адекватность выдвигает определенные требования на полноту, достоверность данных и точность применяемых моделей, описывающих объект. На основании данной работы в [2] дается определение ЦД, общее для производственных предприятий страны: «Цифровые двойники представляют виртуальную модель реального производственного предприятия, которая описывается совокупностью 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, предназначенную для достижения заданных целевых установок с организацией рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов».

При этом опыт успешной разработки ЦД показывает, что реализация его требует значительных затрат финансов, времени, качественного человеческого капитала, поскольку в основе цифрового проектирования и моделирования ЦД лежит применение сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам. Такие модели агрегируют в себя все знания, применяемые при проектировании, производстве и эксплуатации изделия, конструкции, машины, установки с учетом комплекса целей проекта. Так, в [1] дается оценка финансовых затрат в этом случае в размере 100 млрд. \$, правда, с одновременным удовлетворением в процессе проектирования десяткам тысяч целевых показателей и ресурсных ограничений.

В силу практической невозможности разработки индивидуальных ЦД для каждого предприятия в любой отрасли по указанным выше причинам, выход можно искать в совместном владении некоторым ЦД большим количеством предприятий. Однако для этого должны быть созданы единые понятийное, информационное и алгоритмическое пространства на основе онтологического моделирования предметных областей не только в одной, но и в ряде смежных отраслей. Это диктуется не только необходимостью межотраслевой интеграцией, но и междисциплинарным характером понятийного пространства, объединяющего уже технологические, биологические и экономические формы взаимодействия, которые исторически оперировали своими онтологиями.

В работе [8, с. 49] рассматривается единая ЦП управления (ЦПУ) сельским хозяйством, которую в свете вышеприведенных аргументов можно рассматривать как прообраз ЦД хозяйств, поскольку перечень задач является полным и типовым для большинства хозяйств с моделями, агрегирующими все знания, применяемые при проектировании севооборотов, разработке технологических карт, годовых планов и анализе их выполнения. ЦПУ также включает единые классификаторы, словари, справочники, размещенные в базе данных (БД) ЦПУ, исходя из описания алгоритмов задач. Таким образом, доказана полная идентичность между едиными ЦПУ и ЦД.

Аналогичная ситуация сейчас начинает складываться и с ЦЭС, в исследованиях которых основоположники направления видели несколько направлений: в условиях значительного развития цифровых технологий, методов системного анализа поиск оптимального баланса между устойчивостью экосистем, над которыми сегодня нависла большая угроза, и деятельностью человека; поиск условий переноса законов функционирования природных экосистем (ЭС) на социальные, экономические, образовательные сферы, т.е. на степень способности их сохраняться или адаптироваться к изменяющимся условиям среды; исходя из появившихся цифровых возможностей интеграции разрозненных данных в единую структурированную облачную среду, дающих возможность накопления большого объема, исследование возможностей учета взаимосвязей и факторов внешней среды многих управляемых систем с включением методов стратегического управления, которые природа не нашла и найти не могла. Однако, у нас в стране бизнес-компании навязали понимание ЭС и ЦЭС обществу и даже науке как отдельные разрабатываемые ими сервисы, например, по доставке еды. Вслед за данными утверждениями уже разработчики системы Webinar Group дают ей такое звучное определение: «Российская экосистема сервисов для встреч,

онлайн-мероприятий, обучения и вебинаров». Идут защиты диссертаций под лозунгом ЦЭС программного обеспечения, под которыми понимается комплекс программ, объединенных в некую систему. Хотя уже несколько десятков лет такие системы благополучно функционируют, например, в виде АСУ.

Поскольку сельское хозяйство в смысле ЭС является наиболее ярким представителем, удовлетворяющим классическому определению, характеризующимся огромным разнообразием природных факторов и биологических видов и требующим пристального внимания государства и научного сообщества из-за нарастающих угроз деградации земель и ЭС, в данной работе дадим системную, научную классификацию ЦЭС с демонстрацией реализации ее на примере аграрных научно-исследовательских учреждений.

1. Предметная идентификация ЦЭС и ЭС

Развитие всевозможных трактовок ЭС и ЦЭС в эпоху ЦЭ, пришло из классического биологического понимания, в которой ЭС понимается как физико-биологическая система, образованная биоразнообразием взаимозависимых живых организмов и физических объектов окружающей среды, являющихся средой обитания их, имеющих различные виды, размеры, степень изолированности и автономности [9]. Анализ работ по исследованиям новых трактовок ЭС в различных сферах деятельности позволил осуществить следующую классификацию их и, соответственно, ЦЭС с формулированием наиболее важных направлений дальнейших исследований в этой области.

1.1. Классические ЭС

Поскольку, как уже отмечалось, сельское хозяйство в силу обладания четвертой частью биологического разнообразия планеты, претендует на роль наиболее представительного образца для исследования ЭС. Однако бездумное, порой хищническое отношение к почве, основе всей отрасли, ведет к быстрому истощению природных ресурсов и деградации качества жизни населения. В результате индустриального развития агропромышленного производства в последнее время отрасль оказалась одним из главных загрязнителей природы наряду с транспортной отраслью, энергетикой, коммунально-бытовым сектором. Растениеводство же, как основная отрасль сельского хозяйства, является источником наибольших экологических проблем, что обусловлено широким использованием различных ядохимикатов, воздействию которых подвергаются не только вредители, но и контактирующие с ними полезные организмы (птицы, черви, насекомые-опылители, бактерии и др.), которые либо гибнут, что приводит к нарушениям в экосистемах, к эрозии почвы, ухудшению структуры и плодородия почвы, либо накапливают в своих организмах эти ядохимикаты, передавая его по пищевым цепям представителям более высокого порядка вплоть до человека.

Многими исследователями отмечается, что ежегодно в России деградирует 1,5-2 млн. га земель (по данным Минсельхоза), в результате чего потери сельхозпродукции в зерновом эквиваленте составляют порядка 3,9 млн. тонн. Потери наиболее богатого гумусом слоя 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 % [10].

Поэтому развитие ЦЭС сельского хозяйства должно основываться на новых системных исследованиях ее ЭС, в частности, и природоохранных технологиях, исходя из следующих факторов.

- Лидером цифровизации в сельском хозяйстве становится точное земледелие (ТЧЗ), использующее данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), технологии геоинформационных систем (ГИС) и прецизионного производства, требующих интеграции большого количества структурированной информации и алгоритмов их обработки. Однако, тормозом в совершенствовании ТЧЗ становится слабая изученность почвенной биоты, которая является одной из наиболее сложных ЭС в природе и одним из самых богато населенных ареалов обитания на Земле, а также взаимодействие ее с растениями. В ней обитает огромное множество различных организмов, которые взаимодействуют между собой и вносят свой вклад в глобальные геобиохимические циклы, обеспечивающие возможность жизни на нашей планете в целом. Нигде в природе нет столь тесного сосуществования видов, как в сообществах почвенных организмов, однако об этом биоразнообразии мало что известно, ведь оно находится под землей и, как правило, невидимо для человеческого глаза. Это касается и сельскохозяйственных растений. Так, в мировых генетических банках культурных растений собраны миллионы образцов, однако до сих пор только 1 % из них исследован в отношении их потенциальных свойств [11]. Почвенная биота – живые организмы, обитающие в почве, в состав которой входят: микроорганизмы – бактерии, водоросли, грибы, актиномицеты;

простейшие – инфузории, жгутиковые, корненожки; черви; членистоногие насекомые; моллюски и др. В хорошо окультуренных почвах количество почвенной биоты может достигать нескольких миллиардов на 1 г почвы, или 10 т/га.

- То состояние видов, которое в данный момент есть на Земле, формировалось в течение 4 млрд. лет. Однако одной из глобальных экологических проблем современности, исходящей от людей, является сокращение биоразнообразия. Если ее не решить, то мы навсегда утратим тот мир, который знаем сейчас. Сейчас всего 30 культур обеспечивают 95 % потребностей человека в пище и энергии, и только пять из них – рис, пшеница, кукуруза, просо и сорго – обеспечивают около 60 %. Пять видов животных – крупный рогатый скот, овцы, козы, свиньи и куры – обеспечивают около трети среднесуточного потребления белка. Использование такого небольшого числа видов повышает уязвимость агропродовольственных систем и ставит под угрозу в будущем безопасность человечества [12]. Таким образом, теряя биоразнообразие Земли, человечество теряет свое будущее.
- Каждый год за счет индустриализации всей продовольственной цепочки в мире теряется или выбрасывается около трети произведенных продуктов питания [13]. Такие потери сказываются на ценах, на качестве питания, на возросшей нагрузке на экосистемы, на затратах различных ресурсов, на экологии, например, в виде выбросов парниковых газов. Самые непредсказуемые последствия это принесет в ЭС. Первые живые микроорганизмы, возникшие на Земле в древности, положили начало почвообразовательному процессу, в котором почти все потребленные органические ресурсы на протяжении миллиардов лет возвращались в экосистему, что можно сравнить с безотходным производством, когда высшие растения получают азот, фосфор, калий, кальций и пр. микроэлементы не только в виде удобрений, а и за счет симбиоза высших растений с бактериями (бактериотрофный тип питания), симбиоза высших растений с грибами (микотрофный тип питания), обеспечения растением своих потребностей в питательных веществах за счет других организмов (симбионтов – симбиотрофный тип питания), самостоятельного обеспечения растением своих потребностей в питательных веществах (автотрофный тип питания). В результате же человек разрывает эту цепочку взаимодействия, пытаясь компенсировать ущерб внесением удобрений без компенсации многих вынесенных микроэлементов. В результате ЭС меняется. Здесь большое поле для исследований от выведения более лежких продуктов, воспитания культуры питания, формирования оптимальных логистических цепочек до отработки технологий повторного использования и переработки остатков, либо в качестве пищи для животных, либо путем компостирования и возврата обратно в почву. Сейчас уместно вспомнить опыт СССР, когда был организован сбор пищевых отходов в городах и отправка их на животноводческие фермы.
- Наконец, необходимо вспомнить о второй части понятия ЭС, то есть о том, что в результате длительной эволюции взаимодействия растений и почвенной биоты сложились именно системы, состав и структура которых зависит от географической привязки и многих других факторов, о которых написано выше. Поэтому при воздействии на эти ЭС необходимо подходить комплексно, именно, системно, учитывая все многообразие связей в ЭС. Сейчас же многие исследования ведутся фрагментарно, например, исследуют воздействие некоторого препарата на тот или иной вид микроорганизма, либо на ту или иную реакцию растений на него без учета всего многообразия последствий такого воздействия на всю ЭС.

1.2. Адаптация законов функционирования классических ЭС к социально-экономическим системам

Успехи цифровых технологий дали толчок исследованиям адаптации законов функционирования классических ЭС, в частности, свойств их жизнеспособности к функционированию производственных, социальных и ряда других сфер деятельности общества, т.е. научным разработкам поиска условий способности отраслей приспосабливаться или выживать в изменяющихся условиях среды без деградации образующих ЭС элементов. Например, в концепции промышленной ЭС оптимизация использования сырьевых и энергетических ресурсов сводит к минимуму образование отходов с применением отходов одних процессов и производств в качестве сырья для других. Таким образом, данная ЭС – это взаимосвязанная группа предприятий в некотором регионе, которые перерабатывают попутно образующиеся отходы, продукты и энергию по следующим критериям: снижение объемов необходимого первичного сырья; уменьшение степени загрязнения окружающей среды; более эффективное использование энергии; сокращение объема отходов и ресурсов на их захоронение. В качестве примера такой ЭС, создаваемой на протяжении 20 лет, можно привести систему предприятий в датском г. Калундборге в составе: электростанции компании Asnaes мощностью 1500 мвт; нефтеперерабатывающего завода компании Statoil мощностью 4,8 млн. тонн в год; завода гипсовых

плит компании Gypro, производящего 14 млн. кв. м гипсовых плит ежегодно; фармацевтического завода компании Novo Nordisk с ежегодным оборотом более 2 млрд.\$; самого городка Калундборг с населением в 20 тыс. человек, предприятия и люди которого нуждаются в тепле и горячей воде [3]. В науке адаптация законов их функционирования также привела к появлению большого количество алгоритмов решения задач на основе поведения насекомых и животных, которые начинают внедряться в экономику. Так, можно привести возросшее количество работ с такими названиями: «Последние тенденции в исследованиях роевого интеллекта для инженерных приложений», «Исследования группового интеллекта для инженерных приложений», «Групповой поиск пищи общественными насекомыми, разделение труда, строительство гнезд общественными насекомыми, коллективная сортировка и группировка», «Адаптивные роевые интеллектуальные системы», «Квантовый роевой интеллект».

1.3. Функционирование социально-экономических систем в условиях интеграционных процессов в цифровой экономике

В качестве третьего фактора, появившегося в цифровую эпоху и влияющего на развитие новых направлений в исследованиях ЭС, на основе которого построено большинство работ в бизнес-экосистемах, образовательных ЭС – попытки многих компаний прибегнуть к интеграции разрозненных данных в единую структурированную облачную среду, когда за счет накопления большого объема структурированных данных появилась возможность учета взаимосвязей и факторов внешней среды многих управляемых систем с элементами стратегического управления [14]. Подобно природным экосистемам, пишет Джеймс Ф. Мур [15], основоположник теории бизнес-экосистем, в бизнесе экосистемой является хозяйственное сообщество, опирающееся на взаимодействующие организации и индивиды, организмы мира предпринимательства. То есть ЭС любого предприятия помимо самого себя включает потребителей, рыночных посредников, поставщиков, а также структуры, интересы которых необходимо учитывать в той или иной ситуации, – правительственные ведомства и регулирующие учреждения, ассоциации и организации, обеспечивающие соблюдение законов и стандартов. В той или иной мере в ЭС входят прямые и потенциальные конкуренты, а также любые другие влияющие на нее члены системы. И поведение всех этих элементов должно учитываться, как в оперативном, так и в стратегическом плане, выстраивая информационный обмен. Таким образом, из термина «экосистема» выбрасывается смысл элемента «эко» и остается лишь один элемент «система». Фактически произошла детерминологизация понятия ЭС.

Теоретическим основанием учета третьего фактора в направлениях исследования ЭС является концептуальный спор двух групп сторонников внутри второго направления. Представители первой группы исходят из гипотезы, что природа в ходе эволюции уже нашла оптимальные решения всех тех задач, которые стояли для выживания биологических видов, формируя различные экосистемы. Поэтому на новой стадии развития человечества для поиска научно-технических идей необходимо искать аналог решения задачи в природных системах, то есть учитывать только первый фактор. Представители же другой группы считают, что, получив большое количество структурированных данных и инструментов их обработки, в частности, в виде математических моделей стратегического управления в цифровую эпоху, человечество способно находить такие стратегические решения, которые природа не нашла и найти не могла, ибо она перебирает не все из теоретически возможных и практически реализуемых состояний и форм бытия. В качестве своего довода приводят изобретение колеса в технике. Иначе говоря, появились новые возможности формирования систем на основе стратегического управления, поскольку природа способна, говоря языком теории управления, лишь на оперативное управление.

Из работ Джеймса Ф. Мура неясно, указанный идеологический спор либо другие мотивы натолкнули его на введение нового терминологического понятия, однако он уловил четко новые возможности ЦЭ в бизнесе. Большая же часть исследователей в понятие ЦЭС и ЭС вкладывают следующие с трудом понимаемые специалистами системного анализа и ИТ-отрасли определения: «экосистема в первом приближении представляется как сеть сотрудничающих и конкурирующих фирм, предлагающих связанные продукты и услуги» [16] с акцентированием внимания, якобы, на принципиальном отличии бизнес-экосистемы как новейшей организационно-экономической формы, состоящей в усложнении ее структуры, по сравнению с виртуальной организацией бизнеса (в частности, сетевой) путем добавления и учета связей с внешней средой. В работе [16] дается обзор всех подходов к понятию ЭС в этом понимании. Приведем некоторые из них со ссылками на первоисточники [17, 18]: в рамках первого ЭС рассматривается как группа предприятий, в значительной степени взаимозависимых в отношении факторов производства и выпуска продукции.

Такие предприятия, влияя друг на друга, образуют отдельный рынок или отрасль; в рамках второго подхода – как система взаимосвязанных технологий, то есть, по существу, как технологическая платформа для разработки и внедрения IT-продуктов, влияющих на экономическую эволюцию [18]; в третьем подходе ЭС представляет собой совокупность особых механизмов сотрудничества, посредством которых предприятия объединяют свои товары и услуги с целью создания принципиально новых совокупных продуктов [19, 20]. Из этого видно, как уже отмечалось выше, что из термина «экосистема» выбрасывается смысл элемента «эко» и остается лишь один элемент «система» с явной подменой понятия ЭС и принижением качества огромного количества работ в области системного анализа с акцентом на принципиальном отличии бизнес-экосистемы от принятого понятия системы. Хотя теория систем тоже не стоит на месте и идет в ногу с ЦЭ. Например, в работе [21] приводится понятие саморегулируемых (самоуправляемых) систем, которые способны регулировать свою деятельность самостоятельно, отвечая благодаря соответствующим встроенным программам, интеллектуальным (и иным) компонентам на изменения внешних факторов. При этом подчеркивается, что сама человеческая жизнь все более будет организована через такие саморегулируемые системы (например, путем мониторинга здоровья, режима, регулирования или рекомендации нагрузки, контроля над состоянием больных, предотвращения противоправных действий и т.п.). И вообще, аргументация о противопоставлении ЭС и системы не выдерживает критики. Однако в нашей стране бизнес-сообщество в этой ситуации в погоне за модными словами, а вслед за ним и некоторая часть научного сообщества в связи с отстранением его от реализации программы ЦЭ, без пояснения целей формирования ЭС, без описания механизмов, взятых из природы, пошли на детерминологизацию, многозначность определений как ЦЭС, ЭС, так и неопределенность трактовки ЦП, что обусловлено привлечением потенциальных пользователей к создаваемым продуктам в связи с огромным вниманием во всем мире к ЦЭ за счет привлекательности терминов. В качестве примера можно привести наиболее известную экосистему Сбера, в которую помимо самого Сбера включены онлайн-кинотеатр Okko, сервис по доставке еды Delivery Club, сервис по доставке продуктов Сбермаркет, такси Ситимобил и т.д. Аналогично и Яндекс начал строить свою экосистему, включив в нее портал «Кинопоиск», службу каршеринга, сервисы доставки еды «Яндекс.Еда» и «Яндекс.Лавка» и т.д. Такую схему создания собственных экосистем начали дублировать и другие участники отечественного рынка. Так, разработчики системы Webinar Group дают ей такое звучное определение: «Российская экосистема сервисов для встреч, онлайн-мероприятий, обучения и вебинаров». Появляются и диссертации на соискание ученых степеней, в которых также употребляется звучная терминология «экосистема». Анализ же этих проектов показывает, что им присущ только набор сервисов, объединенных между собой общим сайтом с, порой, единой системой оплаты, при этом не имеющих общих с классическим понимаем биологических, экосистемных характеристик. Также введенное отечественными поборниками данной терминологии понимание экосистем не соответствует и классическому научному понятию системы как совокупности взаимосвязанных элементов, объединенных в одно целое для достижения некоторой цели, которая определяется назначением системы.

1.4. Переход от продуктовой к сервисной модели экономических отношений в цифровой экономике

Следует отметить, что большинство работ третьего направления написаны словно по некоторому лекалу, добавляя во взаимоотношения некоторых групп предприятий на основе сетевых технологий учет связей с внешней средой. При этом исключаются целеполагание, стратегический характер взаимоотношений, о чем пишут основоположники новой терминологии, хотя все это давно проработано в теории систем, в исследованиях операций. Большая методологическая ошибка этого направления, опирающегося, якобы, на теорию систем, состоит в том, что они не уловили запроса мирового сообщества к переходу бизнеса от продуктовой к сервисной модели экономических отношений (англ. Product as a Service), объединяющей экологическую часть с системной, построенной на интеграции данных, информационных систем, интернета вещей и прочих цифровых технологий.

Продуктовая модель производства в рыночных условиях основана на гонке за право обладания товаром под воздействием рекламы и человеческих слабостей, формирующих у населения потребности приобретать такие товары, некоторые из которых либо используются крайне редко, либо бесполезны. Растущая конкуренция, в свою очередь, заставляет производителей сокращать сроки службы изделий, растрачивать на его производство, как правило, невозполнимые ресурсы планеты, человеческий капитал населения и наносить экологический ущерб природе, человечеству и большинству ЭС. Сервисная модель экономических отношений отражает тенденцию на удовлетворение потребностей

клиентов посредством предоставления им результата работы с вовлечением его на всех этапах жизненного цикла продукта/услуги. Технической основой применения данной модели служат технологии интернета вещей, когда насыщение соответствующего изделия датчиками с регистрацией тех или иных параметров позволяет производителю знать всё о текущем техническом состоянии изделия, его динамике и профиле его эксплуатации пользователем, то есть обладать глубоким знанием клиентов. Поскольку человечество стоит лишь в начале этого пути, то лучше привести некоторые примеры такого перехода. Так, в Барселоне есть небольшой независимый кинотеатр, с ярко выраженной особенностью в том, что во время показа, скажем, комедийного фильма зрители наблюдают за сюжетом, а за зрителями – десятки чувствительных телекамер, распознающих улыбку на лице каждого из них. Посетитель оплачивает сеанс на выходе из зала, и тариф прямо пропорционален количеству времени, в течение которого на лице зрителя была улыбка или смех. Если же зритель ни разу не улыбнулся, с него не возьмут ни цента. То есть демонстрация фильма является сервисом, но в данном случае продаётся только конечный результат – эмоции. Далее, Philips владеет светодиодными лампами амстердамского аэропорта Схипхол с 2015 года и несёт ответственность за их техническое обслуживание, в то время как аэропорт платит только за электроэнергию [22]. В стоматологии появились услуги, когда клиника подписывается не под лечением каждого отдельного случая, а обязуется следить за здоровьем ваших зубов. Сервис уходит от фокуса «продать услугу дорожке» к необходимости помогать клиенту сохранять зубы здоровыми. Теперь в интересах клиники как минимум научить вас правильно подбирать щётку и пасту и следить за гигиеной, чтобы дорогостоящие услуги требовались как можно реже [22]. Подвижки в этом направлении происходят и в крупном бизнесе, так, ведущие мировые авиапроизводители не продают, а фактически сдают в бессрочную аренду эксплуатирующим авиакомпаниям свои воздушные суда. В отличие от продуктовой модели экономических отношений сервисная, как видно из приведенных примеров, предполагает заботу производителей о качестве, экологичности и долгосрочности работы продукции, распространении модели и на их многочисленных партнёров из других отраслей, предоставляющих продукты и сервисы, подобно рассмотренной выше промышленной ЭС, поскольку в такой ЭС востребована концепция, по которой каждый покупатель в онлайн-режиме может проверить сведения о качестве, безопасности и легальности продукции, а контролирующие органы получать доступ к полному спектру сведений о продукте [14].

2. Научная цифровая экосистема в АПК

Анализ литературы по научным и инновационным ЭС [23, 24] показывает, что в этом направлении доминирует третье направление исследований, которые были рассмотрены выше, но представленные еще более упрощенно. Так, некоторые определения выражены следующим образом: «Таким образом, под научно-образовательной экосистемой нами понимается – многоуровневая адаптивная система, включающая в себя центральную структуру, вокруг которой образуется совокупность активных субъектов, выстраивающих кооперацию, создающую синергический эффект, на основе взаимодействия участников, как друг с другом, так и с факторами внешней среды, что позволяет формировать внутри данной системы дополнительные возможности (например, ресурсы, связи, компетенции и др.) для достижения собственных целей» [23]. В работе [24] конкретизируется: «Инновационная экосистема – это сообщество, цель которого – обмен и распространение знаний, их трансформация в коммерческую инновационную продукцию. Для инновационных экосистем характерно большое число разнопрофильных участников. Инновационная экосистема включает: 1) вузы и научные организации, 2) высокотехнологичное производство, 3) стартапы, 4) венчурный капитал, 5) организации инновационной инфраструктуры. Научные организации и университеты поставляют инновационные идеи, знания, кадры, научно-техническую экспертизу; высокотехнологичное производство создает спрос на технологии, кадры и на продукцию стартапов; венчурный капитал предоставляет инвестиции и бизнес-компетенции, организации инновационной инфраструктуры – различные сервисы и фондирование».

Поскольку авторы многих статей по научным ЭС и ЦЭС (НЦЭС) явно не специалисты в информационной области, то статьи носят довольно явно выраженный размытый, декларативный характер по формированию и содержанию ее. Хотя формирование на практике НЦЭС является актуальнейшей проблемой науки и образования. Представленная авторами в работе НЦЭС опирается на результаты математического моделирования с практическим воплощением формирования ЦП информационных научно-образовательных ресурсов (ИНОР) АПК [25], которая при комплексной реализации в части научных ресурсов полностью совпадает с НЦЭС. Назовем данные ресурсы информационными ресурсами (ИР) НЦЭС. Более того, НЦЭС является составной частью ЦЭС АПК,

под которой будем понимать систему рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов по оптимальному, комплексному использованию биологических, 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 оперативного и стратегического управления (функционирования) целевой предметной областью.

Необходимость же формирования НЦЭС обусловлена стремительным увеличением объемов информационных массивов в научной деятельности, потенциальной возможностью формирования ее с применением новых цифровых технологий, потребностью в этих ресурсах всех слоев пользователей: ученых, студентов, преподавателей, будущих абитуриентов, госорганов, товаропроизводителей, других категорий населения. НЦЭС реализует все четыре направления исследований из предыдущего подраздела, поскольку, с одной стороны, она основана на интеграционных технологиях ЦЭ и, с другой стороны, является цифровым инструментом популяризации и трансфера в производство инноваций в области биологизации сельского хозяйства, исследования которой приобретает широкий охват. Например, в настоящее время уже третий год в этом направлении успешно работает научный центр мирового уровня (НЦМУ) «Агротехнологии будущего» под эгидой РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, составной частью которого являются исследования «Агробиотехнологии управления плодородием почв России в интересах высокопродуктивного земледелия минимального экологического риска», «Технологии переработки и валоризации малоценного сельскохозяйственного сырья и отходов агропромышленного комплекса», «Новые цифровые технологии в сельском хозяйстве», «Создание безопасных, качественных, функциональных кормов и продуктов питания» и еще ряд других [26, 27], сконцентрированные как раз на формировании ЦЭС АПК с учетом всех факторов проявления экосистемного подхода.

Еще одним весомым аргументом в пользу НЦЭС является резкий рост искаженной, недостоверной информации на многих аграрных площадках интернета. Особенно резко в последние три года выросла публикационная активность в области ЦЭ научных сотрудников, очень далеких от информатизации, что можно объяснить требованием Минобрнауки об увеличении наукометрических показателей научных сотрудников, огромным вниманием к проблеме со стороны общества и руководства государства, а также образовавшимся вакуумом специалистов по информатизации в связи с оттоком их из науки и образования в бизнес. Это привело также к росту искаженной, недостоверной информации. Экономическая эффективность ЦП ИНОР в размере 1 млрд. рублей за счет интеграции и стандартизации программного обеспечения (ПО) и информационных ресурсов (ИР), рассчитанная математическим моделированием формирования платформы и имеющая большое значение в условиях недофинансирования науки и образования, позволит собрать грамотную команду разработчиков и экспертов, устраняющих указанные недостатки разработанных самостоятельно сайтов.

Желающих ознакомиться с описанием математической модели формирования НЦЭС и результатами расчетов по ней отсылаем к работе [25], в данный момент более актуальной видится разработка цифрового инструмента эффективного управления выполнением ею триединой роли научных знаний при ограниченности выделенных средств, адекватно реагирующего на возникшие новые запросы общества, бизнеса, связанные с пандемией и последствиями тотальных санкций против страны. Научные знания на всем протяжении развития человечества выполняли триединую роль с различным акцентом на их приоритеты во временном разрезе: совершенствование и поиск новых направлений самих научных исследований путем развития различных средств коммуникации (конференции, печатные издания трудов, открытая переписка и пр.); повышение уровня образованности различных слоев жителей за счет трансформации научных знаний в образовательные, поскольку научные знания способны выполнить функции стимулирования научно-технологического прогресса лишь при достижении населением либо ее частью некоторого уровня интеллектуального потенциала, отчасти, для улучшения качества человеческого капитала претендентов на саму научную деятельность; трансфер научных знаний в экономические инновации. НЦЭС впервые в истории науки позволит с единых комплексных, системных позиций осуществить интеграцию всех ИР, отражающих эти роли, в едином облачном хранилище.

Как следует из [25], интегральная эффективность использования ИР НЦЭС зависит от эффективности использования их в каждой конкретной роли. Тогда выбор наилучшего значения интегральной эффективности использования ИР будет следствием решения оптимизационной трехкритериальной задачи при финансовых ограничениях на инвестиции на развитие ролей ИР НЦЭС. Для чего сведем данную задачу к виду, удобному для рассуждений в терминах оптимизационной

многокритериальной задачи, пригодной для оценки эффективности использования ИНОР с последующим стимулированием развития их ролей уже каждой конкретной организации. При этом для того, чтобы уйти от большого количества форм представления ИР на сайтах, путем онтологического моделирования содержимого сайтов НИИ введем некоторые цифровые стандарты форм хранения их в следующем виде: неупорядоченный каталог (список), упорядоченный каталог, неупорядоченное полноформатное представление и упорядоченное полноформатное представление.

После чего введем выражения:

i – код роли ИНОР, $i=1, 2, 3$;

m – номер НИИ, $m \in M$;

n – код вида ИР, $n = (1, 2, 7)$;

j – код формы хранения ИР, $j = (1, 2, 3, 4)$;

$f_i^m(x)$ – функция эффективности i -ой роли ИР m -го НИИ;

$x = (x_{mnij})$, где x_{mnij} – объем n -го вида ИР m -го НИИ для i -ой роли в j -ой форме хранения ИР, $x_{mnij} \in X_{ni} \subset X_n$, $X_n = \bigcup_j X_{ni}$;

$G(x)$ – выделенные инвестиции на развитие ролей ИНОР для всех НИИ;

Z_i^m – выделенные инвестиции на развитие i -ой роли ИНОР m -му НИИ при ограничениях

$$\sum_{mi} Z_i^m \leq G(x). \quad (1)$$

Будем считать, что при оптимизации по Парето, как наиболее развитому подходу, руководство каждого НИИ стремится к увеличению функций $f_i^m(x)$. Для поиска приемлемого решения обычно используют так называемую свертку критериев путем сведения многокритериальной задачи к скалярной. Опишем наиболее популярную из них, а именно свертку методом взвешивания. В этом случае общий по m -му НИИ критерий W^m выглядит так

$$W^m = \max \sum \alpha^i f_i^m(x), \text{ по } x \text{ при } \sum \alpha^i = 1, 0 \leq \alpha^i, \quad (2)$$

где функции $f_i^m(x)$ в общий критерий входят с определенными весами α^i . Тогда распределение инвестиционных средств может быть осуществлено пропорционально величинам $W^m / \sum W^m$.

На основании приведенной модели можно дать более ясное и подробное пояснение влияния размеров инвестиций на ту или иную роль науки. Казалось бы, при возникших новых запросах общества, бизнеса при ограничивающих их деятельность последствий пандемии, до конца еще неосознаваемых последствий тотальных санкций, в результате которых произошло изменение структуры спроса на образовательные услуги, на потребительские товары из-за снижения покупательной способности населения, из-за нарушений в производственно-логистических цепочках, ужесточения санитарных норм, накладывающих определенный отпечаток на материальный, образовательный и трудовой рынок, а также на доходность предприятий, Минобрнауки должен был бы кардинально изменить структуру инвестиций на разработку цифровых инструментов ролей ИНОР путем изменения весов α^i , адекватно отражающих новые реалии. Например, вместо финансирования отправки публикаций научными сотрудниками в зарубежные издания направить средства на разработку упомянутой выше ЦП ИНОР, предназначенной для наиболее эффективного исполнения триединой роли науки. Итог же текущих приоритетов Минобрнауки виден в представленных ниже данных, отражающих динамику изменения качества и объемов ИНОР на сайтах аграрных НИИ в течение двух этапов мониторинга НИИ, последний из которых был произведен в 2022г. Так, у НИИ число разработок снизилось с 18806 до 5410, публикаций – с 43718 до 8274, баз данных – с 238 до 124, число консультантов – с 231 до 14.

3. Заключение

Проведенная в работе классификация ЦЭС, под которой понимается и ЭС, подобно сложившемуся термину информатизации, под которым уже понимается обработка информации на основе вычислительной техники без отдельного выделения бумажных технологий, дает возможность сосредоточиться научным работникам на решении актуальных проблем, стоящих перед человечеством и обозначенных выше. Данная классификация ЦЭС снимает проблему детерминализации понятия ЭС, хотя бы у части научного сообщества. А сформированная НЦЭС представляет собой цифровой

инструмент сбора, накопления, использования научных знаний, а также измерения состояния важнейших экосистем в природе – в сельском хозяйстве. Математическая же модель управления научными знаниями позволяет более эффективно и оперативно реагировать научному сообществу на постоянно возникающие вызовы в экономике, политике, социальной сфере.

Литература

1. *Меденников В.И., Флеров Ю.А.* Цифровая экосистема АПК: перспективная структура ИТ-ландшафта // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012): труды Пятнадцатой междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2022. – С. 408-419.
2. *Меденников В.И.* Системный анализ предметной идентификации цифрового двойника // Сборник трудов Российской конференции с международным участием «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы (DICR-2022)» – Новосибирск: ФИЦ ИВТ, 2022. – С. 157-163.
3. *Viktor Medennikov, Yuri Flerov.* System Analysis of Digital Ecosystem of Russian Agriculture // IEEE Xplore Digital Library. 15 International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD). – Moscow, 2022. – P. 1-5.
4. *Сытов А.Н., Вахранев А.В., Ерешко Ф.И.* Исследование цифрового двойника предприятия // Труды четырнадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2021». – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 786-792.
5. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство». – URL: http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533 (дата обращения: 12.04.2023).
6. *Пономарев К.С., Шутиков М.А., Феофанов А.Н.* Цифровой двойник как инструмент цифровой трансформации предприятия // Вестник МГТУ «Станкин». 2019. № 4(51). – С. 19-23.
7. *Боровков А.И., Рябов Ю.А., Кукушкин К.В., Марусева В.М., Кулемин В.Ю.* Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК // Оборонная техника. 2018. № 1. – С. 6-23.
8. *Алексеева Н.А.* Экономические и управленческие проблемы землеустройства и землепользования в регионе / Н.А. Алексеева, А.К. Осипов, В.И. Меденников [и др.]. – Ижевск: Шелест, 2022. – 225 с.
9. *Tansley A.* The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms // *Vegetational Concepts and Terms.* – 1935. – P. 284-307.
10. Деградация на миллиарды: в России истощены свыше 60 % сельхозугодий. – URL: <https://agroru.com/news/degradatsiya-na-milliardy-v-rossii-istoscheny-svyshe-60-sel-h-85534.htm> (дата обращения: 17.06.2022).
11. ГМО и биоразнообразии [Электронный ресурс]. – URL: <https://bio.wikireading.ru/272> (дата обращения: 17.06.2022).
12. *Shaitura S.V., Shaitura N.S., Ordov K.V.* Directions of sustainable development of agricultural business // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* – 2022. – №. 6. – P. 239-249.
13. *Шулятьева Г.М.* Утилизация пищевых отходов с начальной стадией в местах возникновения как направление устойчивого развития аграрного бизнеса // Вестник Вятской ГСХА. 2021. № 2 (8). – С. 9.
14. *Vladimir Kulba, Viktor Medennikov.* Product Traceability Digital Tool Powered by Mathematical Model for Logistics Digital Platform // IEEE Xplore Digital Library. 15 International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD). – Moscow, Russia, 2022. – P. 1-4.
15. *Moore J.* The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems. – Harper Business, 1997. – 320 p.
16. *Филимонов О.И., Касьяненко Т.Г., Кухта М.В.* Экосистема как новая организационно-экономическая форма ведения виртуального бизнеса // Актуальные исследования. 2021. №48 (75). Ч.П. – С. 31-41.
17. *Трофимов О.В., Захаров В.Я., Фролов В.Г.* Экосистемы как способ организации взаимодействия предприятий производственной сферы и сферы услуг в условиях цифровизации // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2019. № 4 (56). – С. 43-55.
18. *Фадейкина Н.В.* Развитие теоретических представлений на категории «экосистема» и «инновационная экосистема» // Сибирская финансовая школа. 2021. № 2(142). – С. 103-111.
19. *Раменская Л.А.* Применение концепции экосистем в экономико-управленческих исследованиях // Управленец. 2020. Т. 11. № 4. – С. 16-28.
20. *Розенберг Г.С.* Бизнес-системы: Что стоит за словами и куда это ведет? // Биосфера. 2020. Т.12. №4. – С. 161-167.
21. Саморегулируемые системы. – URL: https://cyclowiki.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%B%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B (дата обращения: 02.03.2023).
22. *Никерина Е.* Бизнес-тренд: продукт как сервис. – URL: <https://gb.ru/posts/biznes-trend-produkt-kak-servis> (дата обращения: 02.03.2023).
23. *Масалова Ю.А.* Научно-образовательная экосистема как среда для развития человеческих ресурсов // Креативная экономика. 2022. Том 16. № 12. – С. 4973-4986.

24. Экосистема науки, образования и инноваций Красноярского края: идея, перспективы, проекты: аналит. докл. / под ред. В. С. Ефимова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 130 с.
25. *Medennikov V.I., Flerov Y.A.* Mathematical Model of Formation of a Unified Digital Platform of Scientific and Educational Resources // Proceedings of the International Scientific Conference “Digitalization of Education: History, Trends and Prospects” (DETP 2020). – 2020. – P. 599-604.
26. *Будзко В.И., Мединников В.И.* Математическая модель оптимизации структуры севооборотов на основе единой цифровой платформы управления сельскохозяйственным производством // Системы высокой доступности. 2022. Т. 18. № 4. – С. 5-15.
27. *Мединников В.И.* Цифровая экосистема растениеводства // Агроботехнология-2021: сборник статей международной научной конференции. Москва, 24-25 ноября 2021 года. – М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 158-162.