

УДК 338.1:004.89  
DOI: 10.18721/JE.10101

**Т.В. Авдеенко, А.А. Алетдинова**

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ**

Постиндустриальная экономика характеризуется не только формированием сетевого способа координации экономических связей, развитием и расширением сферы услуг, ростом числа открытых инноваций, но и изменением роли знаний и человека. Знания рассматриваются как образы реальности, инструменты; они непрерывно изменяются, развиваются, зависят от внешних условий и людей, их носителей. На их производстве основана цифровая экономика. Рассмотрены следующие условия цифровизации экономики: развитие цифровых инфраструктур и стандартов связи, обеспечение информационной безопасности в ней, расширение открытого образования, создание свободного доступа всем гражданам и онлайн-коммуникаций, совершенствование управления информационными потоками и знаниями в цифровых экосистемах. Концепция «Индустрия 4.0» включает создание цифровых экосистем, цифровой культуры и развитие цифрового общества на основе внедрения новых технологий: облачных сервисов, мобильных устройств, дополненной реальности (переносимых гаджетов), «Интернета вещей», геолокации (определения местонахождения), усовершенствованных интерфейсов взаимодействия индивидуума и компьютера, аутентификации и выявления случаев мошенничества, 3D-печати, технологий в рамках искусственного интеллекта, анализа больших данных и продвинутых алгоритмов, персонализации по клиентскому профилю. Предлагается рассматривать цифровую экосистему как социотехническую систему, реализуемую совокупностью компьютерных программ с распределенным взаимодействием и взаимным использованием агентами для обмена знаниями в условиях эволюционного саморазвития. Для неё выделены технологии и сервисы, расширенные функции. В цифровых экосистемах общество может создавать коллективные цифровые компетенции, накапливать интеллектуальный капитал, но при этом встает проблема трансформации растущих объемов неявных знаний в явные в условиях усложнения предметных областей. Рассмотрена реализация спирали знаний в цифровых экосистемах, проанализированы два подхода к формированию системы управления знаниями на основе правил и прецедентов, на их основе предложена гибридная модель, реализация которой будет способствовать развитию цифрового пространства.

ПОСТИНДУСТРИАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА; ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ; ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ; ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА; СПИРАЛЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗНАНИЙ; ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ; ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ.

**T.V. Avdeenko, A.A. Aletdinova**

## **DIGITALIZATION OF ECONOMY, BASED ON IMPROVING EXPERT KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEMS**

The post-industrial economy is characterized not only by the forming network coordination of economic relations, development and expansion of the service sector, and the growing number of open innovations, but also by the changing role of knowledge and people. Knowledge is regarded as images of reality, tools; it is continually changing, evolving and depends on the external environment

and the people who carry it. Knowledge production is the basis for digital economy. The following conditions of the digitalized economy have been distinguished by the authors: the development of infrastructure and standards of communication, provision of information security within it; the expansion of open education; creation of online communication with free access to all citizens; the improvement of information flow and knowledge management in digital ecosystems. The Industry 4.0 concept includes the creation of digital ecosystems, digital culture and the development of the digital society through the introduction of new technologies: cloud services, mobile devices, augmented reality (portable gadgets), Internet of Things, geolocation, advanced interfaces for the interaction between an individual and a computer, authentication and fraud detection, 3D-printing technology in the framework of artificial intelligence, big-data analysis and advanced algorithms, personalization according to the client's profile. The authors propose to consider the digital ecosystem as a socio-technical system, implemented by a set of computer programs with distributed interaction and mutual usage by agents to share knowledge in the context of self-evolution. It has its technologies and services as well as its advanced features. In digital ecosystems, society can create a collective digital competence, to accumulate intellectual capital, but there is a problem of transforming the growing volumes of implicit knowledge into explicit one under the condition of more and more complicated subject areas. The authors reviewed the implementation of the knowledge spiral in digital ecosystems, analyzed two approaches to the formation of a knowledge management system using attributes and precedents. A hybrid model was proposed on their basis; the implementation of this model will contribute to the development of digital space.

POST-INDUSTRIAL ECONOMY; DIGITALIZATION OF ECONOMY; INDUSTRIAL REVOLUTION; DIGITAL ECOSYSTEM; SPIRAL TRANSFORMATION OF KNOWLEDGE; KNOWLEDGE MANAGEMENT EXPERT SYSTEMS; HYBRID MODEL.

*Введение.* Современную постиндустриальную экономику часто называют новой, цифровой, инновационной, экономикой знаний, компетенций и сетевого взаимодействия. И даже сложно представить, что этот набор терминов, с одной стороны, несет разный смысл, а с другой — характеризует один и тот же период хозяйственной деятельности. Это говорит о том, что мы живем в век научно-технической революции, о внедрении новых технологий, стремительной смене потребностей общества и организаций, появлении новых форм взаимодействия и диффузии знаний.

Формирующаяся постиндустриальная экономика меняет способы координации экономических связей, тип общества и его потребности, необходимые для них основные ресурсы, виды деятельности, подход к НИОКР и преобладающую форму знаний (табл. 1).

При возрастающей информационной емкости экономических систем и переходе к постиндустриальному укладу все больше происходит отступление от строгой иерархии построения организаций и взаимодействия. Вертикальные конструкции слишком жесткие, чтобы соответствовать возросшему динамизму внешней среды, требуется новый способ координации, выразившийся в кластерно-сетевых системах с горизонтальными связями и механизмом коллаборации [1].

Знания, в широком смысле, охватывают все познания и способности человека, используемые для устранения проблем, принятия решений и понимания полученной информации. Это инструмент, который сознательно или бессознательно используется индивидуумами [3]. Ф. Хайек выделяет существование «рассеянных» знаний, которые возможны как между индивидуумами, так и в пространстве. Они непрерывно изменяются, развиваются, а их направления задаются институциональными условиями [4–7].

Постиндустриальная экономика основана на «производстве знаний». Выделим появившиеся особенности, которые дает такое производство:

– знания составляют все большую долю стоимости товаров и услуг. Известно, например, что около 70% стоимости современного автомобиля составляет конструкция, электроника и прочие интеллектуальные компоненты. Для таких товаров, как программное обеспечение, «степень вовлеченности» знаний в формировании их стоимости еще выше;

– деятельность по созданию, хранению и использованию знаний становится все более востребованной, меняется роль системы образования. Инвестиции в образование рассматриваются как инвестиции в человеческий капитал;

Таблица 1

## Отличительные особенности постиндустриальной экономики

Область характеристики	Тип экономики	
	индустриальная	постиндустриальная
Формирование сетевого способа координации экономических связей [1]	Система с вертикальной субординацией и управляющим центром. Система традиционного рынка с ценовыми сигналами	Кластерно-сетевые системы с горизонтальными связями и механизмом коллаборации
Развитие видов деятельности	Добывающая и обрабатывающая промышленность	Области услуг: образование, развлечения, здравоохранение, финансы и др.
Преобладающая форма знаний	Явная	Неявная
Тип общества	Индустриальное	Постиндустриальное
Преобладание инноваций	Научно-технические	Открытые
Основные ресурсы	Капитал, предпринимательская способность	Информация, человеческий капитал
Подходы к НИОКР	Рост инвестиций в промышленность и сельское хозяйство	Рост инвестиций в креативные отрасли [2]

– существенно возрастает скорость устаревания знаний. К моменту получения диплома об окончании учебного заведения большинство прикладных знаний профессионального цикла (особенно в области инновационных технологий) становятся не актуальными. Это приводит к необходимости продолжать процесс обучения на протяжении всей трудовой жизни человека;

– в структуре населения увеличивается доля работников, занятых в производстве, хранении, транспортировке и использовании знаний, среди них все больше растет конкуренция. Стирается различие между «синими и белыми воротничками». Все более востребованным становятся высокая квалификация и соответствующий ей уровень знаний. Квалифицированные работники обеспечивают дополнительную ценность продукта, благодаря знаниям, которыми они владеют и используют. Одной из ключевых задач современного профессионального образования становятся компетенции по осуществлению профессиональной деятельности с созданием так называемых процедурных знаний;

– сокращается чрезмерная специализация в производстве. Растет потребность в персонализации. Эти тенденции предъявляют высокие требования к уровню профессионализма трудовых ресурсов.

Как отметил В.В. Путин в ежегодном послании Федеральному собранию, промышленное производство в основном стабилизировалось, но нельзя упускать из вида основные тенденции глобального развития, радикальные изменения в сфере технологий, необходимо запустить масштабную системную программу развития экономики нового технологического поколения, т. е. цифровой экономики\*. Приняли стратегию развития цифровой экономики: в 2000 г. – Дания, в 2005 г. – Сингапур, в 2008 г. – Австралия, Гонконг, Великобритания, Новая Зеландия, в 2009 г. – в целом Евросоюз, в 2010 г. – Канада, в 2012 г. – Малайзия, в 2013 г. – Южная Корея, в 2015 г. – Индия, Казахстан; в процессе доработки находится программа по созданию цифрового пространства ЕАЭС. Актуальным становится определение условий и механизмов для перехода к цифровизации экономики.

**Особенности цифровизации экономики.** Начало XXI в. принесло развитие цифровых экосистем на основе информационной революции и процессов глобализации экономики. Информация стала основным ресурсом. В руках человека она преобразуется в знания, а

\* Послание Президента Федеральному собранию от 01.12.2016 г. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/53379>

социально-экономические отношения все больше переносятся в сетевое пространство.

Ключевой фактор успеха цифровой трансформации заключается в развитии цифровой культуры в организациях и восполнении потребностей в соответствующих специалистах. Этот вывод подтверждается результатами исследования Digital IQ, в рамках которого изучается эффект от инвестиций в цифровые технологии и системы [8]. По данным исследования Digital IQ вложение средств в нужные технологии имеет большое значение, однако в конечном итоге успешность трансформации будет зависеть не от специальных датчиков, алгоритмов или инструментов аналитики, а от более широкого набора факторов, связанных с людьми. Промышленным компаниям необходимо создавать условия для распространения цифровой культуры и обеспечивать прямую заинтересованность в успешной трансформации со стороны высшего руководства. Отраслевым предприятиям также нужно привлекать, удерживать и обучать специалистов из числа представителей «цифрового поколения» и других сотрудников, которые могут спокойно работать в динамичной цифровой экосистеме [8].

Концепция «Индустрия 4.0» (т. е. четвертой промышленной революции) предусматривает сквозную цифровизацию всех физических активов и их интеграцию в цифровую экосистему вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости [8]. Ей соответствуют новые цифровые технологии – облачные сервисы, мобильные устройства, дополненная реальность (переносимые гаджеты), «Интернет вещей», геолокация (определение местонахождения), усовершенствованные интерфейсы взаимодействия индивидуума и компьютера, аутентификация и выявление случаев мошенничества, 3D-печать, технологии в рамках искусственного интеллекта, анализ Больших данных и продвинутые алгоритмы, персонализация по клиентскому профилю.

Результатом четвертой промышленной революции станет пространство цифровых экосистем, где при взаимодействии стейкхолдеров сформируются коллективные сетевые компетенции. Стратегические ориентиры развития к 2025 г. цифрового пространства уже обозначены, это:

- повышение бесшовности экономических процессов и сервисной среды в результате перевода их в цифровую форму;

- оцифровка физических объектов и территорий;

- системные цифровые преобразования экономик стран по направлениям интеграции и инициативам бизнеса;

- создание и запуск совместных цифровых инструментов для экспансии на глобальные рынки;

- эффективное использование открытых данных в интересах бизнес-субъектов и граждан;

- качественный рост числа рабочих мест в цифровой экономике;

- уменьшение комплекса экономических рисков;

- снижение издержек граждан, малого и среднего бизнеса при ведении деятельности в цифровом пространстве;

- возникновение устойчивых цифровых экосистем [9].

На наш взгляд, цифровизация экономики возможна при:

- развитии цифровых инфраструктур и стандартов связи;

- обеспечении информационной безопасности в ней;

- расширении онлайн-обучения;

- создании свободного доступа всем гражданам к сети и онлайн-коммуникаций в ней;

- совершенствовании управления информационными потоками и знаниями в цифровых экосистемах.

Последнее условие не столь очевидно, но при непрерывной диффузии знаний в цифровом пространстве оно приобретает новое значение и возросшую актуальность.

#### *Методика исследования.*

**Особенности формирования цифровых экосистем.** Рассмотрим несколько наиболее ярких и отличающихся подходов к понятию «цифровая экосистема» (табл. 2). Расположим их в порядке усложнения.

В. Шендрик рассматривает цифровую экосистему достаточно узко, как совокупность устройств, сервисов и технологий, отмечая в качестве ее создателей компании Microsoft, Apple, Google [10]. F. Nachira, P. Dini, A.A. Nicolai считают, что она формируется посредством конвергенции трех сетей: ИТ-сети, социальной и обмена знаниями [11].

Подходы к понятию «цифровая экосистема»

Определение цифровой экосистемы	Авторы [источник]	Составляющие цифровой экосистемы
Совокупность устройств, сервисов и технологий для удобного (с точки зрения простого обывателя) использования современных технологий в повседневной жизни	В. Шендрик [10]	Технические средства и технологии
Конвергенция трех сетей: ИТ-сети, социальной и обмена знаниями	F. Nachira, P. Dini, A.A. Nicolai [11]	Технические средства, технологии. Социальные сети. Обмен знаниями
Домен кластерной среды, включающий биологические, экономические и цифровые виды	E. Chang, M. West [12]	Биологические виды. Экономические виды. Технические средства. Цифровая среда
Цифровые артефакты и инфраструктура передачи данных, их хранения и обработки, пользователей систем, включая социальные, экономические, политические, психологические и иные факторы, влияющие на осуществление взаимодействий	H. Dong, F.K. Hussain, E. Chang [13]	Цифровые артефакты Инфраструктура хранения, обработки и передачи данных Пользователи системы. Факторы, влияющие на взаимодействие

При этом они отождествляют два понятия: e-learning ecosystem и digital ecosystem. F. Nachira и ее коллеги цифровую экосистему называют еще digital business ecosystems, в которой изменяется структура организаций, создается переход к сетевой экономике и экономике, основанной на знаниях. Она обеспечивает непрерывные инновации, доступ к знаниям, глобальным цепочкам добавленной стоимости, специфическим сервисам, адаптацию новых технологий, принятие новых бизнес-моделей. Как отмечают эти ученые, происходит смена парадигмы, при которой экономика больше не рассматривается как механизм, для которого составляется план, определяются переменные и изолируются проблемы, это уже экосистема [14].

H. Dong, F.K. Hussain, E. Chang под цифровой экосистемой понимают цифровые артефакты и инфраструктуру передачи данных, их хранения и обработки, пользователей систем, включая социальные, экономические, политические, психологические и иные факторы, влияющие на осуществление взаимодействий [13].

В цифровой экосистеме «партнеры и конкуренты взаимодействуют как единая команда, объединяя ресурсы, знания для совместной работы над проектами в режиме

взаимной полноты информации и созидания (co-creation), не переставая соперничать по линии других процессов» [15].

K. Беккер отмечает, что цифровая экология имеет дело с информационными системами, которые сформированы потоками информации, транслируемыми с помощью разнообразных медиа. Информация широко оцифровывается и становится ресурсом, который можно использовать, производить и трансформировать так же, как материальные ресурсы. Ключевая экологическая идея касается сохранения и увеличения пользовательской стоимости информации [16].

Как отмечают E. Chang, M. West, экосистема определяется как домен кластерной среды, в которой все участники слабо связаны, соблюдают собственную выгоду и берегают окружающую среду. С развитием информационно-коммуникационных технологий человек стал жить одновременно в цифровой и экологической средах, т. е. в двойной среде [12]. Таким образом, под цифровой экосистемой они понимают домен кластерной среды, включающий биологические, экономические и цифровые виды и окружающую среду.

Приведенные примеры подходов к понятию «цифровая экосистема» показывают, что

исследователи значительно расходятся в определениях и описании структуры.

На наш взгляд, если экосистема – это биологическая система живых организмов, осуществляющих обмен веществами и энергией между собой и средой их обитания, то ключевым в определении цифровой экосистемы является обмен знаниями, технологии, позволяющие это сделать, и люди, способные участвовать в этом обмене и управлять им. Таким образом, цифровая экосистема – это представление социотехнической системы в виде совокупности компьютерных программ с распределенным взаимодействием и взаимным использованием агентами для обмена знаниями в условиях эволюционного саморазвития. Экологическая составляющая в описании таких систем связана с попытками провести аналогию процессов живой природы и техносферы, и с применением законов экологии к информационному миру. Это подтверждают работы М. Кастельса, Е. Chang, М. West, М. Кастелье [12, 16] и др.

В качестве примеров цифровых экосистем в промышленности можно привести цифровую фабрику, цифровое производство, цифровые промышленные кластеры и др.

На наш взгляд, технологии и сервисы для цифровых экосистем включают:

- развитую информационно-коммуникационную структуру;
- интерактивные сообщества, участвующие в предметно-ориентированных кластерах;
- информационные ресурсы;
- базы знаний;
- новые формы электронного взаимодействия;
- платформы для интеграции бизнеса, правительства и общества;
- цифровую среду.

При этом расширяются функции всех сервисов:

- предоставление и использование цифровых услуг;
- электронная обработка всех видов информации;
- поддержка информационного взаимодействия;
- бизнес-аналитика на основе использования искусственного интеллекта;
- усиление междисциплинарного взаимодействия;

– поддержка различных потребностей в цифровой экосистеме;

– вовлечение в предметно-ориентированные кластеры.

Необходимо отметить, что основной трудностью при создании цифровой экосистемы станет не выбор новых перспективных технологий, а высокая потребность в новых специалистах (носителях цифровой культуры, которые могут появиться только в цифровом обществе), при развитии системы управления знаниями в этой среде.

**Спираль преобразования знаний в цифровых экосистемах.** При формировании цифровых экосистем экономика спонтанно трансформируется в сетевую, т. е. в «непрерывно текущее пространство потоков», получая способность непрерывных обновлений. Возникают нелинейные формы коммуникаций со стертыми пространственными и временными границами [16]. Массовые онлайн-контакты обнуляют социальные расстояния, порождая гигантские потоки информации и ситуацию непрерывных перемен, нередко воспринимаемую как тиранию момента [1]. При таком информациональном способе развития источник производительности – в воздействии знаний на знания, что отражается в технологиях генерирования знаний, обработке информации и символической коммуникации [16].

В области управления знаниями активно разрабатываются модели, в которых знания и информация взаимодействуют и эволюционируют внутри цифровой экосистемы [17–19].

Рассмотрим иерархическую структуру различных уровней знаний, предложенную Р. Аккоффом. На первом уровне иерархии находятся данные. Они: описывают свойства объектов или событий; как правило, не имеют цели; существуют сами по себе. На втором уровне иерархии можно разместить информацию. Она характеризуется более конкретной целью, формируется данными в сочетании с процедурой их обработки. Информация содержится в ответах на вопросы, которые начинаются со слов «что», «кто», «где», «когда», «как» и т. д. На третьем уровне иерархии находится знание. Оно передается через обучение и отвечает на вопрос

«как». Знание, в отличие от информации, характеризуется не только наличием ингредиентов и рецептуры, но способностью обобщать имеющуюся информацию, координировать действия для получения конкретного результата. На четвертом уровне иерархии находится мудрость, ей соответствует ответ на вопрос «почему». Понятие «мудрость» может быть интерпретировано как «метазнание», т. е. знание о знании. В когнитивной психологии мы имеем более широкое толкование понятия «мудрость». Мудрость может ассоциироваться со следующими способностями человека, которые так удачно реализуются при сетевом взаимодействии в цифровых экосистемах:

- достижением положительного результата за счет баланса различных интересов в цифровой экосистеме;
- коллективным синтезированием новых знаний;
- устранением своих ошибок и компенсацией недостатков собственных знаний;
- выявлением и формулировкой проблемы в результате творческого поиска.

Традиционная система образования имеет дело с так называемым формализованным или явным знанием. Оно доступно всем обучающимся, может быть представлено в письменной форме и передаваться другим людям в виде документов, инструкций, руководств и т. д. Примеры явного знания: модели, математические формулы, научные статьи, формализованные технологии, правила безопасности, должностные инструкции, патенты, лицензии, данные в компьютерных базах данных и т. д.

В цифровых экосистемах увеличивается доля и возрастает роль неформализованных знаний. Они – результат опыта и имеют отношение к индивидуальным решениям практических задач людьми. Неформализованное (неявное, скрытое, процедурное) знание ос-

новано на личном опыте, практических методах, интуиции, включает в себя личные ноу-хау отдельных людей, следовательно, его трудно формализовать. Такие знания отвечают на вопрос «как». Они не только помогают в достижении целей, но и стимулируют к приобретению новых знаний.

Взаимодействие между участниками сетевых проектов при решении важных задач порождает создание новых знаний. В процессе трансформации знаний как его формы используются: неформализованные и формализованные знания. При создании нового знания формализованное (явное) знание и неформализованное (молчаливое) знание взаимодействуют четырьмя способами: обобществление, отчуждение, комбинирование, усвоение (модель И. Нонака и Х. Такеучи [20]), как показано на рис. 1.

Как видим, создание знания – это непрерывный процесс, который развивается по спирали последовательно через эти четыре этапа.

Обобществление представляет собой процесс обмена опытом (неявных знаний) между людьми, например путем осуществления контроля за деятельностью профессионала. Отчуждение – процесс разработки неявного знания в формализованном виде (концепции, модели, гипотезы, технологии и т. д.). Такие знания могут быть получены, например, от аналитика с использованием методов извлечения экспертных знаний и других источников. Они могут быть полуформализованными (текст, графика, область знаний) или полностью формализованными (в базе знаний экспертной системы). Комбинирование представляет собой процесс различного сочетания формальных знаний, чтобы получить новые формальные модели. Усвоение происходит, когда формализованные доступные знания превращаются в неформализованные модели знаний конкретного человека.



Рис. 1. Спираль преобразования знаний И. Нонака и Х. Такеучи

Последовательное чередование этих четырех процессов – обобществления, отчуждения, комбинирования, усвоения создает спираль преобразования знаний. Для «Концепции 4.0» актуальным становится использование и совершенствование реализации спирали Нонака и Такеучи в цифровых экосистемах. Представляется перспективным развивать информационную поддержку этого процесса посредством применения технологий искусственного интеллекта.

**Совершенствование экспертных систем управления знаниями в условиях цифровой экономики.** С середины XX в., большие надежды возлагались на исследования, проведенные в области искусственного интеллекта (ИИ). В истории становления ИИ как научного направления наблюдаются периоды оптимизма и ожидания, быстрого прогресса и застоя, снижения значимости уже проведенных исследований, когда полученные результаты начинают казаться не убедительными и инвестиции в научно-исследовательскую работу резко снижаются. Прошло более 40 лет с момента появления первых, так называемых классических экспертных систем (DENDRAL, Mycin и PROSPECTOL), но архитектура таких систем мало изменилась. К 1992 г. их было реализовано около 2000 [21]. В то же время в России было разработано только около 300 экспертных систем.

Ядром разработки первых экспертных систем стала модель представления знаний на основе правила «если предпосылка → заключение».

При внедрении экспертных системы с использованием этого правила разработчики сталкиваются со многими проблемами. Главной из них стала проблема извлечения знаний и переложение его в виде набора правил. Чаще всего эксперты интуитивно принимают решения, основываясь на своем обширном опыте.

Другая проблема, связанная с применением таких систем, основанных на правилах, – это несоответствие между сложностью предметной области и очень простой конструкцией правил («если – то»). В связи с этим были проведены исследования по совершенствованию методик и инструментов, разработан целый ряд программ, усовершенствована

методология [22, 23]. Появились объектно-ориентированные языки программирования для моделирования знаний, методы и инструменты для систем поддержки принятия решений. Например, в работе [24] предлагается гибридная модель представления знаний на основе кадра онтологии, которая сочетает в себе объектно-ориентированное представление знаний с правилами. Она позволила получить рекомендации и особые свойства, особенно в прикладной области веб-дизайна, а также использовать их в качестве интеллектуальной системы поддержки принятия решений для разработки веб-приложений. Таким образом, начиная с 1980 г. альтернативная парадигма рассуждений все больше и больше привлекает внимание.

В [25] предложено обобщать знания о предыдущих ситуациях и сохранять их в виде сценариев, которые могут быть использованы, чтобы сделать выводы в подобных ситуациях. Сценарии предложены в качестве модели рассуждения, чтобы описать события или стереотипные ситуации, такие как посещение врача или ресторана. Появились экспертные системы, содержащие знания в виде прецедентов, такие как CYRUS, MEDIATOR, CHEF, PERSUADER, CASEY, JULIA.

Существуют различные способы представления и хранения прецедентов (случаев) – от простого (линейного) до сложного иерархического. В общем случае это может быть описание задачи (проблемной ситуации), а также решение проблемы (или диагностика проблемы). Следует подчеркнуть, что даже в работе [26] можно найти упоминание, что естественная, неискусственная область часто не может быть классифицирована в соответствии с простым набором свойств (атрибутов) и может быть описана с помощью прецедентов. Управление ими образует цикл, состоящий из четырех этапов:

- получение наиболее подходящих (соответствующих) доводов в пользу нынешней ситуации на основании случая из базы знаний;
- повторное использование полученного случая для решения текущей проблемы;
- пересмотр в случае необходимости решения, полученного при решении текущей проблемы;
- сохранение недавно принятого решения как нового прецедента.





**Рис. 2.** Преобразование знаний в гибридной модели

Таким образом, на наш взгляд, использование только одной модели представления знаний не решает проблемы адекватного описания сложных слабоформализованных прикладных областей, в которых мы должны принимать решение. В этой ситуации необходимо применять гибридные модели, сочетающие в себе преимущества обоих подходов на основе атрибутов и прецедентов. Первым таким прототипом стала система *SABARET*.

На наш взгляд, такой подход должен применяться к спирали преобразования знаний в цифровых экосистемах. Это позволит постоянно улучшать качество знаний, накапливать его, принимать эффективные управленческие решения, обеспечивать поддержку коллективным сетевым компетенция и рост числа открытых инноваций.

Сочетание двух рассмотренных подходов может обеспечивать циклическую конверсию знаний из одной формы в другую, что нами показано на рис. 2.

Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, на практике целесообразно воспользоваться преимуществами обоих подходов. На начальных этапах создания интегрированной базы знаний, когда нет понимания предметной области, целесообразно использовать представление регистра на основе знаний в форме соответствующих прецедентов (случаев) принятия решений, реализованных в той или иной области (этап I). Уже на самых ранних этапах развития системы управления знаниями можно извлечь и использовать прецеденты для решения текущих задач по принятию решений. После соотнесения прецедента из базы знаний и текущей ситуации новый прецедент записывается в базу для дальнейшего использования. Следует отметить, что с точки зрения цикла Нонака – Такеучи мы не проводим конверсию неявного знания в явное. Более того, мы не пытаемся проанализировать, почему решение принято (т. е. мы

не пытаемся превратить неявное знание в формальное), а просто фиксируем факт неявного знания в конкретном решении.

Если накапливается достаточный объем случаев принятия решений и расширяются знания на основе анализа прецедентов, можно осуществлять формализацию знаний, т. е. превращать неявные знания в явные. Применение методов интеллектуального анализа данных для автоматического извлечения новых знаний в виде правил отображает этап II. Полученные новые правила позволяют усложнять структуру имеющихся правил (этап III) и в дальнейшем создавать новые прецеденты.

#### *Результаты исследования.*

1. Отличительными чертами постиндустриальной экономики становятся: преобладание кластерно-сетевых систем с горизонтальными связями и механизмом коллаборации; расширение сферы услуг; цифровое общество; увеличение объемов неявных знаний; рост инвестиций в креативные отрасли; увеличение числа открытых инноваций; информация и человеческий капитал как основные ресурсы. Результат четвертой промышленной революции – пространство цифровых экосистем, в которых общество сможет создавать коллективные сетевые компетенции.

2. Цифровизация экономики возможна при следующих условиях: развитии цифровых инфраструктур и стандартов связи, обеспечении информационной безопасности в ней, расширении онлайн-обучения, создании свободного доступа всем гражданам и онлайн-коммуникаций, совершенствовании управления информационными потоками и знаниями в цифровых экосистемах.

3. Анализ существующих подходов к понятию «цифровая экосистема» показал, что исследователи дают различные трактовки; существенно отличаются и составляющие – в качестве них выступают технические средства и

технологии, социальные сети, обмен знаниями, биологические и экономические виды, цифровая среда, факторы, влияющие на взаимодействие. Это говорит о несформированности понятийного аппарата научных исследований по реализации четвертой промышленной революции. На наш взгляд, ключевыми в этом понятии необходимо считать обмен знаниями, технологии и людей, способных управлять знаниями. Поэтому цифровая экосистема – это представление социотехнической системы в виде совокупности компьютерных программ с распределенным взаимодействием и взаимным использованием агентами для обмена знаниями в условиях эволюционного саморазвития.

4. Технологии и сервисы для цифровой экосистемы – это: развитая информационно-коммуникационная структура; интерактивные сообщества, участвующие в предметно-ориентированных кластерах; информационные ресурсы; базы знаний; новые формы электронного взаимодействия; платформы для интеграции бизнеса, правительства и общества; цифровая среда. Их расширенные функции: предоставление и использование цифровых услуг; электронная обработка всех видов информации; поддержка информационного взаимодействия; бизнес-аналитика на основе использования искусственного интеллекта; усиление междисциплинарного взаимодействия; поддержка различных потребностей в цифровой экосистеме; вовлечение в предметно-ориентированные кластеры. Для создания цифровых экосистем обязательным условием становится не только использование передовых технологий, но и новых потребителей и специалистов – носителей цифровой культуры.

5. Реализация спирали знаний в цифровых экосистемах происходит при достижении положительного результата за счет: баланса различных интересов в цифровой экономике, коллективного синтезирования новых знаний, устранения своих ошибок и компенсации недостатков собственных знаний, выяв-

ления и формулировки проблемы в результате творческого поиска. В цифровой экономике в отличие от обычной растет объем неявных знаний, которые необходимо трансформировать в явные. И недостаточно использовать систему управления знаниями на основе модели И. Нонака и Х. Такеучи, где используется чередование четырех процессов – обобществления, отчуждения, комбинирования и усвоения. Сложные слабоформализованные области требуют комбинации двух подходов на основе атрибутов и прецедентов. Мы предлагаем гибридную модель преобразования знаний для цифровых экосистем. Она позволит обеспечить циклическую конверсию знаний из одной формы в другую:

- накопление простых прецедентов и формирование базы прецедентов;
- получение правил из базы прецедентов;
- получение новых случаев после применения правил;
- усложнение структуры правил на основе экспертного анализа предметной области.

Предложенная модель управления позволит повышать бесшовность экономических процессов и сервисной среды, эффективнее использовать в ней данные, обеспечивать диффузию информации, следовательно, будет способствовать развитию цифрового пространства. Направление дальнейших исследований видится в разработке математического обеспечения системы управления знаниями в этих цифровых экосистемах.

*Вывод.* Таким образом, одним из основных факторов, обеспечивающих устойчивое функционирование цифровой экономики, станет управление в ней знаниями. Этому должна служить разработанная и предложенная гибридная модель экспертной системы управления знаниями, сочетающая подходы на основе атрибутов и прецедентов.

Грант Министерства образования и науки РФ № 2.2327.2017/ПЧ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смородинская Н.В. Глобализированная экономика: от иерархий к сетевому укладу. М.: ИЭ РАН, 2015. 344 с.

2. Дацык А.А. Особенности современной постиндустриальной экономики // Актуальные

проблемы экономики и права. 2008. № 4. С. 140–146.

3. Badinger H., Tondl G. Trade, Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s // IEF Working Paper, 2002, no. 42, p. 15.

4. **Abreu M., Groot H.L.F. de, Florax R.J.M.** Spatial Patterns of Technology Diffusion // Tinbergen Institute Discussion Paper, TJ, 2004, no. 079/3.
5. **Бабкин А.В., Хватова Т.Ю.** Модель национальной инновационной системы на основе экономики знаний // Экономика и управление. 2010. № 12(62). С. 170–176.
6. **Харламова Т.Л., Новиков А.О.** и др. Глобализация экономики и развитие промышленности: теория и практика: колл. моногр. СПб.: Изд-во СПбПУ, 2013. 489 с.
7. **Алетдинова А.А., Корицкий А.В.** Человеческий капитал и малый бизнес России // Российское предпринимательство. 2011. № 10(2). С. 4–10.
8. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 год. URL: [http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf). (дата обращения: 19.10.2016).
9. Стратегия развития цифрового пространства ЕАЭС 2025. 2016. URL: <http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2016/10/strategy.pdf> (дата обращения: 29.11.2016).
10. **Шендрик В.** Цифровая Экосистема. URL: <http://shendrik.net/2016/01/28/%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0/> (дата обращения: 19.10.2016).
11. **Nachira F., Dini P., Nicolai A.A.** Network of Digital Business Ecosystems for Europe: Roots, Processes and Perspectives // Digital Business Ecosystems. Bruxelles: European Commission, 2007.
12. **Chang E., West M.** Digital Ecosystems: A Next Generation of the Collaborative Environment // iiWAS, 2006, pp. 3–24.
13. **Dong H., Hussain F.K., Chang E.** An Integrative view of the concept of Digital Ecosystem // Proceedings of the Third International Conference on Networking and Services. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2007, pp. 42–44.
14. **Nachira F., Dini P., Nicolai A.A.** Digital business ecosystems. 2007. URL: <http://www.digital-ecosystems.org/events/2006.06-sardegna/nachira-sardegna-ict.pdf> (дата обращения: 19.10.2016).
15. **Беккер К.** Словарь технической реальности: Культурная интеллигенция и социальный контроль. М.: Культура, 2004. 224 с.
16. **Кастельс М.** Информационная эпоха. Экономика, общества, культура. М.: ГУ ВШЭ, 2000. 129 с.
17. **Baker K.S., Bowker G.C.** Information ecology: open system environment for data, memories, and knowing // J. Intell. Inf. Syst., 2007, vol. 29, no. 1, pp. 127–144.
18. **Fuller M.** Media Ecologies: Materialist Energies in Art and Technoculture (Leonardo Books). The MIT Press, 2007.
19. **Papaioannou T., Wield D., Chataway J.** Knowledge ecologies and ecosystems? An empirically grounded reflection on recent developments in innovation systems theory // Environment and Planning C: Government and Policy, 2009, vol. 27, no. 2, pp. 319–339.
20. **Nonaka I., Takeuchi H.** The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation. New York: Oxford University Press, 1995. 284 p.
21. Knowledge-Based Systems Survey of UK Applications. DTI. Department of Trade & Industry, 1992, UK.
22. **Motta E., Rajan T., Eisenstadt M.** A methodology and tool for knowledge acquisition in KEATS-2. In: G Guida and C Tasso (eds.), Topics in Expert System Design: Methodologies and Tools. North-Holland, 1989, pp. 297–322.
23. **Wielinga B.J., Schreiber A.Th., Breuker J.A.** KADS: A modelling approach to knowledge engineering // Knowledge Acquisition, 1992, no. 4(1).
24. **Avdeenko T.V., Bakaev M.A.** Hybrid model of knowledge representation for implementation of inference in the frame ontology // Scientific Bulletin of NSTU, Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2013, no. 3(52), pp. 84–90.
25. **Schank R.C., Abelson R.P.** Scripts, Plans, Goals and Understanding. Erlbau, 1977.
26. **Varshavsky P.R., Ereemeev A.P.** Modelling case-based reasoning in the intellectual systems of decision making // Artificial intelligence and decision making, 2009, no. 2, pp. 45–57.

**АВДЕЕНКО Татьяна Владимировна** — заведующий кафедрой, профессор Новосибирского государственного технического университета, доктор технических наук. E-mail: [tavdeenko@mail.ru](mailto:tavdeenko@mail.ru)

**АЛЕТДИНОВА Анна Александровна** — доцент Новосибирского государственного технического университета, кандидат технических наук. E-mail: [aletdinova@corp.nstu.ru](mailto:aletdinova@corp.nstu.ru)

## REFERENCES

1. **Smorodinskaia N.V.** Globalizirovannaia ekonomika: ot ierarkhii k setevomu ukladu. M.: IE RAN, 2015. 344 s. (rus)
2. **Datsyk A.A.** Osobennosti sovremennoi postindustrial'noi ekonomiki. *Aktual'nye problemy ekonomiki i prava*. 2008. № 4. S. 140–146. (rus)

3. **Badinger H., Tondl G.** Trade. Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s. *IEF Working Paper*, 2002, no. 42, p. 15.
4. **Abreu M., Groot H.L.F. de, Florax R.J.M.** Spatial Patterns of Technology Diffusion. *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TJ, 2004, no. 079/3.
5. **Babkin A.V., Khvatova T.Iu.** Model' natsional'noi innovatsionnoi sistemy na osnove ekonomiki znaniy. *Ekonomika i upravlenie*. 2010. № 12(62). S. 170–176. (rus)
6. **Kharlamova T.L., Novikov A.O.** i dr. Globalizatsiia ekonomiki i razvitie promyshlennosti: teoriia i praktika: koll. monogr. SPb.: Izd-vo SPbPU, 2013. 489 s. (rus)
7. **Aletdinova A.A., Koritskii A.V.** Chelovecheskii kapital i maliy biznes Rossii. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo*. 2011. № 10(2). S. 4–10. (rus)
8. «Industriia 4.0»: sozdanie tsifrovogo predpriatiia. Vsemirnyi obzor realizatsii kontseptsii «Industriia 4.0» za 2016 god. URL: [http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf). (data obrashcheniia: 19.10.2016). (rus)
9. Strategiiia razvitiia tsifrovogo prostranstva EAES 2025. 2016. URL: <http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2016/10/strategy.pdf> (data obrashcheniia: 29.11.2016). (rus)
10. **Shendrik V.** Tsifrovaia Ekosistema. URL: <http://shendrik.net/2016/01/28/%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0/> (data obrashcheniia: 19.10.2016). (rus)
11. **Nachira F., Dini P., Nicolai A.A.** Network of Digital Business Ecosystems for Europe: Roots, Processes and Perspectives. *Digital Business Ecosystems. Bruxelles: European Commission*, 2007.
12. **Chang E., West M.** Digital Ecosystems: A Next Generation of the Collaborative Environment. *iiWAS*, 2006, pp. 3–24.
13. **Dong H., Hussain F.K., Chang E.** An Integrative view of the concept of Digital Ecosystem. *Proceedings of the Third International Conference on Networking and Services. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society*, 2007, pp. 42–44.
14. **Nachira F., Dini P., Nicolai A.A.** Digital business ecosystems. 2007. URL: <http://www.digital-ecosystems.org/events/2006.06-sardegna/nachira-sardegna-ict.pdf> (data obrashcheniia: 19.10.2016).
15. **Bekker K.** Slovar' tekhnicheskoi real'nosti: Kul'turnaia intelligentsiia i sotsial'nyi kontrol'. M.: Kul'tura, 2004. 224 s. (rus)
16. **Kastel's M.** Informatsionnaia epokha. Ekonomika, obshchestva, kul'tura. M.: GU VShE, 2000. 129 s. (rus)
17. **Baker K.S., Bowker G.C.** Information ecology: open system environment for data, memories, and knowing. *J. Intell. Inf. Syst.*, 2007, vol. 29, no. 1, pp. 127–144.
18. **Fuller M.** Media Ecologies: Materialist Energies in Art and Technoculture (Leonardo Books). The MIT Press, 2007.
19. **Papaioannou T., Wield D., Chataway J.** Knowledge ecologies and ecosystems? An empirically grounded reflection on recent developments in innovation systems theory. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 2009, vol. 27, no. 2, pp. 319–339.
20. **Nonaka I., Takeuchi H.** The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation. New York: Oxford University Press, 1995. 284 p.
21. Knowledge-Based Systems Survey of UK Applications. DTI. Department of Trade & Industry, 1992, UK.
22. **Motta E., Rajan T., Eisenstadt M.** A methodology and tool for knowledge acquisition in KEATS-2. In: G Guida and C Tasso (eds.), Topics in Expert System Design: Methodologies and Tools. North-Holland, 1989, pp. 297–322.
23. **Wielinga B.J., Schreiber A.Th., Breuker J.A.** KADS: A modelling approach to knowledge engineering. *Knowledge Acquisition*, 1992, no. 4(1).
24. **Avdeenko T.V., Bakaev M.A.** Hybrid model of knowledge representation for implementation of inference in the frame ontology // Scientific Bulletin of NSTU, Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2013, no. 3(52), pp. 84–90.
25. **Schank R.C., Abelson R.P.** Scripts, Plans, Goals and Understanding. Erlbau, 1977.
26. **Varshavsky P.R., Ereemeev A.P.** Modelling case-based reasoning in the intellectual systems of decision making // Artificial intelligence and decision making, 2009, no. 2, pp. 45–57.

**AVDEENKO Tat'iana V.** – Novosibirsk State Technical University. E-mail: [tavdeenko@mail.ru](mailto:tavdeenko@mail.ru)

**ALETDINOVA Anna A.** – Novosibirsk State Technical University. E-mail: [aletdinova@corp.nstu.ru](mailto:aletdinova@corp.nstu.ru)

Статья поступила в редакцию: 24.11.16