

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР КАК ЭКОСИСТЕМА: РАЗВИТИЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

ФЛЕК МИХАИЛ БЕНСИОНОВИЧ,

доктор технических наук, профессор,
заместитель управляющего
директора ПАО «Роствертол», г. Ростов-на-Дону,
зав. кафедрой «Авиастроение»
Донского государственного технического университета,
e-mail: mikh.fleck2018@yandex.ru;

УГНИЧ ЕКАТЕРИНА АЛЕКСАНДРОВНА,

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры «Мировая экономика и
международные экономические отношения»
Донского государственного технического университета,
e-mail: ugnich77@mail.ru

Данная работа посвящена исследованию профессионально-образовательного кластера как локализованной системы взаимосвязей предприятия с учреждениями образования с целью подготовки необходимых для него кадров. В статье показана роль профессионально-образовательного кластера в формировании и развитии человеческого капитала предприятия. Раскрывается содержание и дается характеристика профессионально-образовательного кластера с позиции концепции экосистем. Дается описание базовых характеристик профессионально-образовательного кластера как экосистемы, а именно: целевой ориентации, результата функционирования, разнообразия и взаимодействия участников, состояния среды, процессов самоорганизации и динамики развития. Акцент сделан на структурно-видовом описании профессионально-образовательной экосистемы, которое позволяет использовать математический аппарат, в частности – модель Лотки-Вольтерры, для описания взаимодействия участников и создает возможности для прогнозирования развития экосистемы. Фактором поступательного изменения профессионально-образовательной экосистемы является цифровая трансформация, требующая качественных изменений ее содержания. Показано, что удовлетворить запросы и ответить на вызовы цифровой трансформации способны устойчивые профессионально-образовательные экосистемы благодаря процессам саморазвития и самоорганизации и связанными с ними синергетическими эффектами.

Ключевые слова: кластер; концепция экосистем; образование; цифровая трансформация; университет; предприятие; человеческий капитал.

PROFESSIONAL AND EDUCATIONAL CLUSTER AS AN ECOSYSTEM: DEVELOPMENT IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION

MIKHAIL B. FLEK,

Doctor of Economics, Associate Professor,
D-r of Technical Sciences, Professor,
Rostvertol PLC,
Don State Technical University, Rostov-on-Don,
E-mail: mikh.fleck2018@yandex.ru;

EKATERINA A. UGNICH,

candidate of Economic Sciences, docent,
Don state technical university, Rostov-on-Don,
E-mail: ugnich77@mail.ru

This article is devoted to the study of the professional and educational cluster as a localized system of relationships between the enterprise and educational institutions in order to prepare the necessary personnel for it. The article shows the role of professional and educational cluster in the formation and development of human capital of the enterprise. The study reveals the content and characteristics of the professional and educational cluster from the standpoint of the ecosystems concept. The article describes the basic characteristics of the professional and educational cluster as an ecosystem, namely: the target orientation, the result of functioning, diversity and interaction of participants, the state of the environment, the processes of self-organization and dynamics of development. The emphasis made on the structural and species description of the vocational education ecosystem, which allows the use of mathematical apparatus, in particular, the Lotka-Volterra model, to describe the interaction of participants and creates opportunities for predicting of the ecosystem development. The factor of progressive change in the vocational education ecosystem is digital transformation, which requires qualitative changes in its content. It shown that sustainable professional and educational ecosystems are able to meet the needs and respond to the challenges of digital transformation due to the processes of self-development and self-organization and the associated synergetic effects.

Keywords: cluster; ecosystems concept; education; digital transformation; university; enterprise; human capital.

JEL: I25, J24

1. Введение

Современный этап научно-технического развития сопровождается коренной перестройкой экономических систем, выдвигая новые требования к повышению их интеллектуализации. В свою очередь, в основе интеллектуализации любой экономической системы лежит повышение роли знаний, умений, навыков, опыта и использования их для удовлетворения многообразных потребностей человека и общества, то есть роли человеческого капитала (*Uzawa, 1965*). При этом следует подчеркнуть важность стадии формирования человеческого капитала, ведь именно здесь закладывается его «качественный» уровень и возможности для дальнейшего развития, а следовательно – и развития самих экономических систем.

Источником формирования человеческого капитала служит система образования. Эффективное ее взаимодействие с реальным сектором экономики позволит решить задачу предприятий по формированию человеческого капитала необходимого

«качества». При этом большое значение имеет практико-ориентированное обучение, формирующее у будущих специалистов полную готовность к профессиональной деятельности. Другим важным механизмом формирования необходимых компетенций специалистов является обучение по принципу «образование на протяжении всей жизни», начиная с детского возраста. Данные механизмы обучения наилучшим образом реализуются в профессионально-образовательном кластере, под которым можно понимать разновидность образовательного кластера, представляющего собой взаимосвязь учреждений образования, объединенных по отраслевому признаку партнерскими отношениями с предприятиями отрасли (*Кравцов и Михелькевич, 2015*). Главной особенностью профессионально-образовательного кластера является то, что его «ядром» и инициатором создания является предприятие, формирующее взаимосвязи с учреждениями образования.

Концепция кластеров, одним из главных разработчиков которой принято считать М. Портера (*Porter, 1998, 2000*), не только популярна в отечественных и зарубежных исследованиях, но и достаточно востребована на практике, при разработке государственной экономической политики во многих странах. Однако, четкое понимание содержания и целевой функции кластера применительно к системе образования отсутствует. Для решения этой проблемы необходимо более глубокое понимание особенностей функционирования профессионально-образовательного кластера, которое невозможно без системного подхода.

Любой кластер – это особая локализованная система, функционирование которой во многом зависит от уровня взаимосвязи ее участников. В экономической литературе для исследования открытых систем со значительным количеством разнородных участников, имеющих разнообразные взаимосвязи, все чаще применяют концепцию экосистем (*Jarvi, Almpantopoulou and Ritala, 2018*). В основе данной концепции лежит восприятие субъектов (участников, организмов) системы как частей единой среды, в которой их взаимосвязи обеспечивают саморегуляцию и устойчивость в качестве базовых условий функционирования системы. Концепция экосистем, широко распространенная в биологии, позволяет и в других отраслях знаний описать характер эволюции взаимодействия субъектов системы и их взаимоотношений со средой, в которой они функционируют (*Moore, 1993*), а также оценить перспективы развития этой системы.

Целью данной работы является исследование содержания и перспектив профессионально-образовательного кластера как экосистемы, способной стать источником формирования и развития человеческого капитала в условиях цифровой трансформации.

2. Профессионально-образовательный кластер как социально-экономическая экосистема

Обращение к концепции кластеров М. Портера (*Porter, 1990*) позволяет понимать их как группу географически соседствующих взаимосвязанных предприятий (поставщиков, производителей и др.) и связанных с ними организаций (образовательных учреждений, органов государственного управления, инфраструктурных компаний), действующих в определенной сфере и взаимодополняющих друг друга. Территориальные кластеры во многих странах являются локомотивами экономического роста и эффективным инструментом взаимодействия между участниками экономических систем (*Kutsenko, 2015*). В российской экономике интерес к формированию кластеров возрос с момента принятия Минэкономразвития России Концепции кластерной политики в РФ в 2008 г. На сегодняшний день в России функционирует более сотни промышленных и инновационных кластеров, которым оказывается государственная поддержка.

Образовательные кластеры, безусловно, отличаются от промышленных и инновационных кластеров, в первую очередь, исходя из своего целевого назначения.

Иницируется создание образовательных кластеров преимущественно университетами. Одним из концептуальных исследований на эту тему считается работа (*Porter, Ketelhohn and Artiganave, 2010*), в которой дан анализ образовательного кластера Массачусетса, лидерами которого являются Массачусетский и Гарвардский университеты, подробно описана его роль в образовательной сфере в стране в сравнении с другими штатами (прежде всего, с Калифорнией) и другими странами, приведена концептуальная схема образовательного кластера (*Porter et al., 2010*).

В российской практике в последние годы университетами, как правило, при поддержке муниципальных органов власти, тоже стали иницироваться образовательные кластеры. Так, в 2015 г. на базе Южного федерального университета был создан образовательный кластер, объединяющий некоторые школы г. Ростова-на-Дону и г. Таганрога, а в 2016 г. на базе Донского государственного технического университета (ДГТУ) был образован научно-образовательный кластер, включающий не только дошкольные, школьные и средние профессиональные учебные заведения, но и предприятия Ростовской области. В настоящем исследовании рассматривается профессионально-образовательный кластер, который был иницирован широко известным вертолетостроительным предприятием ПАО «Роствертол» еще в 2002 г.: сначала как образовательное пространство и преобразованным в 2015 г. непосредственно в кластер. Целью профессионально-образовательного кластера является развитие интегрированной системы подготовки рабочих и специалистов для авиационной промышленности по цепочке «среднее общее образование – среднее профессиональное образование – высшее образование – дополнительное профессиональное образование». Таким образом, формирование будущего специалиста происходит начиная со школьной скамьи (*Флек и Шевцов, 2017*).

От эффективности функционирования профессионально-образовательного кластера, нацеленного на формирование и развитие человеческого капитала предприятия, во многом зависит и эффективность работы самого предприятия, иницировавшего этот кластер. Исследование данного кластера с позиции экосистемы позволит выявить его резервы и перспективы развития, что особенно необходимо в нестабильных условиях цифровой трансформации.

Любая экосистема – это сложная самоорганизующаяся и целенаправленная система с иерархической структурой. Концепция экосистем позволяет глубже понять реальные процессы социально-экономических явлений и может служить важным инструментом при разработке стратегии управления ими. Несмотря на востребованность и перспективность данной концепции к исследованиям в социально-экономической сфере, однозначной трактовки социально-экономической экосистемы в настоящий момент не установлено. Наиболее содержательное, на наш взгляд, определение социально-экономической экосистемы дано Г. Б. Клейнером, под которой он понимает «территориально локализованное социально-экономическое образование, представленное совокупностью (популяцией) взаимодействующих самостоятельных экономических, социальных или организационных субъектов и их групп, а также продуктов (результатов) их деятельности, способное к самостоятельному функционированию и развитию в течение значимого периода времени за счет кругооборота материальных, информационных, энергетических и иных ресурсов» (*Клейнер, 2018, с. 89*). Кластеры наряду с регионами, финансово-промышленными группами, рыночными нишами, ряд исследователей относит к числу социально-экономических экосистем (*Андросик, 2016*). Такие характеристики, как разнообразие участников, наличие ресурсов, взаимосвязей, обмена с внешней средой и выработки «энергии» (развитие человеческого капитала предприятия) в процессе функционирования позволяют рассматривать профессионально-образовательный кластер как экосистему по аналогии с биологической.

3. Характеристика профессионально-образовательного кластера как экосистемы

Социально-экономическую экосистему в общем виде мы представляем как динамическую систему, состоящую из взаимосвязанных элементов (организаций, образовательных учреждений и др.), которые реализуют процессы кооперации и конкуренции одновременно. Производственно-образовательный кластер как экосистема представляет собой не просто локализованные системы образовательных учреждений, связанных отраслей со своей периферией партнерских организаций (*Porter and Ketels, 2009*), а сложные динамические образования, где достигаются синергетические эффекты – эффекты, когда повышается результативность системы за счет взаимодействия различных по природе ее элементов.

Проанализируем состояние профессионально-образовательного кластера с позиций его базовых экосистемных характеристик: целевой ориентации; продукта (результат функционирования); разнообразия участников и их взаимодействия; состояния среды и взаимосвязи с ней; процессов самоорганизации и динамики развития. Описание базовых характеристик экосистемы позволит определить ее специфику, пробелы и перспективы развития.

Целью любой экосистемы является продолжение ее жизнедеятельности за счет использования ресурсов. Цель профессионально-образовательного кластера ПАО «Роствертол» как экосистемы заключается в обеспечении предприятия необходимыми кадрами авиационного профиля: от рабочего до инженера высшей квалификации.

Если в биологической экосистеме энергией обмена и *продукцией (результатом)* служит биомасса, то в профессионально-образовательной экосистеме ею является человеческий капитал. В общем, человеческий капитал представляет собой знания, способности, навыки, профессионализм, производственный опыт, мотивации, трудовой потенциал, благодаря которым человек может получать доход (*Солиев, 2016*). В настоящем исследовании под человеческим капиталом предприятия мы будем понимать запас приобретенных знаний и умений работников предприятия и способность их использовать с целью профессиональных достижений. Человеческий капитал является важнейшим ресурсом для предприятия, поскольку он играет ведущую роль по отношению к физическому капиталу: именно человеческий капитал приводит его в движение, что еще более важно – осуществляет инновационную деятельность, создавая новые элементы физического капитала (*Флек и Угнич, 2017*). Потребность в воспроизводстве человеческого капитала предприятия, включающего его формирование и развитие, реализуют так называемые «участники» профессионально-образовательной экосистемы.

В профессионально-образовательной, как и в биологической экосистеме, в качестве самостоятельных единиц, входящих в ее состав выделяют организационные/органические *объекты (или «участников»)*. В социально-экономических системах это организации, юридические и физические лица, в биологических – это организмы. В анализируемой профессионально-образовательной экосистеме среди всех ее участников можно выделить учреждения среднего общего, среднего профессионального, высшего и дополнительного профессионального образования, включая подразделения предприятия.

В некоторых исследованиях рассматривается аналогия видовой структуры биологической экосистемы со структурой банковской системы (*Comes, 2012*), а также инновационной экосистемы (*Романов и Ахмадеев, 2015*) по трем уровням: растения, которыми питаются травоядные животные, которыми в свою очередь питаются плотоядные (хищники). В профессионально-образовательной экосистеме по аналогии с биологической можно представить следующие три уровня (в соответствии с целевой установкой функционирования):

1. Учреждения среднего общего образования (подшефные школы предприятия в Ростове-на-Дону) формируют «основу», обеспечивают абитуриентами последующие звенья экосистемы.

2. Учреждения среднего профессионального образования (Донской промышленно-технический колледж имени Б. Н. Слюсаря и Авиационный колледж) выпускают квалифицированных рабочих и служащих, которые могут продолжить повышать свою квалификацию в вузе, а также учреждения высшего образования (ДГТУ), обеспечивающие предприятие высококвалифицированными специалистами. Общая цель ДГТУ и ПАО «Роствертол» состоит в подготовке высококвалифицированных специалистов, востребованных предприятием и адаптированных к его работе. На пути к достижению этой цели была создана базовая кафедра «Авиастроение» – единая образовательная площадка вуза и предприятия, формирующая основу инженерных кадров предприятия, имеющих базовое авиационное образование.

Следует отметить, что первые два уровня формируют человеческий капитал для предприятия в соответствии с его запросами.

3. Непосредственно предприятие, «потребляющее» специалистов, подготовленных учреждениями среднего профессионального и высшего образования, а также структуры дополнительного профессионального образования (подразделения ПАО «Роствертол»), обеспечивающие повышение квалификации работников предприятия, формирующее новые компетенции в соответствии с запросами быстро меняющейся среды.

Таким образом, третий уровень обеспечивает развитие человеческого капитала предприятия. Причем не только в результате обучения на курсах повышения квалификации, но и в результате взаимодействия работников предприятия в процессе трудовой деятельности, путем обогащения профессиональными умениями и навыками, которые помогут повысить ее эффективность (Флек и Угнич, 2018).

Резюмируя вышеизложенное, представим сравнительную характеристику биологической и профессионально-образовательной экосистем в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика биологической
и профессионально-образовательной экосистем**

Экосистема	Продукция	Первый уровень	Второй уровень	Третий уровень
Биологическая	Биомасса	Растения	Травоядные	Хищники
Профессионально-образовательная	Человеческий капитал	Учреждения среднего общего образования, «поставляющие» абитуриентов	Учреждения высшего и среднего профессионального образования, «поставляющие» специалистов	Предприятие, структуры дополнительного профессионального образования, «потребляющие» специалистов

Необходимо заметить, что в рамках экосистемы объединяются усилия участников, формируя при этом синергетические эффекты, которые могут проявляться в качественном приращении человеческого капитала за счет получения квалификации, профессиональных компетенций, приобретения опыта, расширения профессиональных и коммуникационных навыков. Эффективность взаимодействия участников экосистемы, ее саморегуляция зависит от уровня культуры взаимного сотрудничества.

Представленное выше структурно-видовое описание профессионально-образовательной экосистемы открывает возможности для прогнозирования ее развития на основе имеющегося математического аппарата, широко применяемого для биологических систем. В частности, модель Лотки-Вольтерры (1), отражающую схему взаимодействия двух видов типа «хищник-жертва» (Вольтерра, 1976) и других видов взаимодействия, можно трансформировать для прогнозирования потребности в человеческом капитале для профессионально-образовательного кластера.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta y)x, \\ \frac{dy}{dt} = (-\gamma + \delta x)y, \end{cases} \quad (1)$$

где x – количество «жертв» (например, количество обучающихся специалистов в учреждениях кластера), y – количество «хищников» (например, потребность в специалистах предприятия кластера), t – время, α, β , – коэффициенты воспроизводства «жертв» и «хищников» соответственно, γ, δ – коэффициенты, отражающие взаимодействия между «хищниками» и «жертвами».

Проиллюстрируем возможность применения модели Лотки-Вольтерры для профессионально-образовательной экосистемы ПАО «Роствертол». Для этого используем данные о количестве обучающихся (потенциальных выпускников) в профессионально-образовательном кластере (ограничимся получающими высшее образование – ВО) – обозначим их x , и данные о потребностях ПАО «Роствертол» в специалистах с высшим образованием, выпускаемых кластером (третий уровень) – обозначим y . Данные показатели будут характеризовать взаимосвязь количественного соотношения потребности принятия на работу выпускников и обучающихся, получающих высшее образование, что отражает характер взаимосвязи «хищник-жертва» в модели Лотки-Вольтерры. Указанные данные (x и y) профессионально-образовательного кластера сведем в табл. 2. Изменение численности обучающихся (потенциальных выпускников) в столбце x связано с увеличением набора в вуз на базовую кафедру «Авиастроение». Ежегодная потребность предприятия в кадрах (y) – выпускниках данной кафедры – достаточно стабильна.

Определим и сведем в табл. 2 значения dx/dt и dy/dt (характеризующие динамику обучающихся и потребностей в кадрах со стороны предприятия соответственно), вычисляемые по формуле (1), предварительно оценив α – коэффициент прироста «жертв» (обучающихся (x)); β – коэффициент убыли «хищников» (кадров предприятия (y)); γ, δ – вероятностные коэффициенты взаимодействия «хищников» и «жертв». Подставим полученные значения коэффициентов и получим систему уравнений (2). Построим график отражающий динамику взаимодействия «хищник-жертва» во времени – циклические сопряженные колебания их численности (рис. 1).

Таблица 2

**Данные профессионально-образовательного кластера
для построения модели Лотки-Вольтерры**

Год	x (обучающиеся в кластере - получающие ВО)	y (потребности предприятия кластера в кадрах с ВО)	dx/dt (изменение количества обучающихся во времени)	dy/dt (изменение потребностей предприятия в кадрах во времени)
2003	15	20	10	6
2004	14	20	25,05	140
2005	8	20	72,38	130
2006	15	20	41,36	70
2007	11	20	77,55	140
2008	17	20	56,87	100
2009	12	20	87,89	160
2010	9	20	62,04	110
2011	12	20	46,53	80
2012	12	20	62,04	110

Окончание табл. 2

Год	x (обучающиеся в кластере - получающие ВО)	y (потребности предприятия кластера в кадрах с ВО)	dx/dt (изменение количества обучающихся во времени)	dy/dt (изменение потребностей предприятия в кадрах во времени)
2013	9	20	62,04	110
2014	12	20	46,53	80
2015	32	20	62,04	110
2016	23	20	165,44	310
2017	22	15	118,91	220

Подставляя в формулу (1) коэффициенты $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, определенные на основе статистических наблюдений (в пакете SPSS Statistics) коэффициенты, получим уравнение (2). При данных коэффициентах уравнения (2), можно наблюдать начиная с 2015 г. рост обеих популяций – «хищников» и «жертв», что демонстрирует рис. 1.

Представленная на графике модель Лотки-Вольтерры для профессионально-образовательной экосистемы (рис. 1) демонстрирует основную тенденцию в отношениях «хищник-жертва»: колебания численности «жертв» сопровождаются колебаниями численности «хищников». Динамика развития популяции «хищников» и «жертв» имеет колебательный характер в силу присутствия циклов с обратной связью, которые заставляют популяции колебаться вокруг набора заданных условий. Однако регулярность и усиление колебаний свидетельствуют о том, что кроме взаимного влияния изменений численности «хищников» и «жертв» существуют другие причины, например воздействие изменений условий окружающей среды.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (0,17 + 0,25y)x, \\ \frac{dy}{dt} = (-0,5 + 0,5x)y, \end{cases} \quad (2)$$

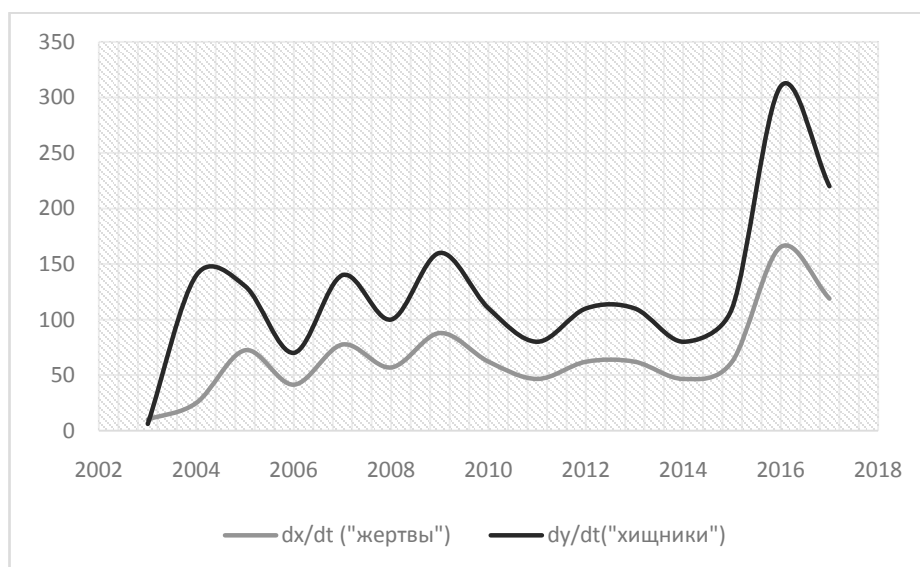


Рис. 1. Представление модели Лотки-Вольтерры для профессионально-образовательной экосистемы

Ценность модели Лотки-Вольтерры состоит в том, что она позволяет описать не только динамику развития экосистемы, но и определить состояние ее равновесия и дать прогноз развития, что будет служить предметом дальнейшего исследования. Однако, представленная модель (1) является жесткой, а значит небольшие изменения параметров и функций модели могут повлиять на результат. Поэтому для прогнозирования в будущих исследованиях модель будет усовершенствована, то есть смягчена путем включения в нее дополнительных параметров малых изменений, например – зависящих от состояния среды.

Безусловно, неотъемлемой частью экосистемы является *среда* ее функционирования. Для биологических экосистем это воздушная, водная, световая, звуковая, информационная среды, ареал жизнедеятельности; для социально-экономических экосистем – это социально-экономические институты (регламенты), то есть инвестиционный или производственный климат, информационная, правовая среда. Целесообразно выделять в составе условий функционирования экосистемы событийную компоненту – возмущающие события, меняющие условия функционирования экосистемы (Клейнер, 2018, с. 89). Для биологических экосистем – это вмешательство человека или животных, резкие климатические изменения, генетические мутации и т.п.; для социально-экономических экосистем – это могут быть резкие конъюнктурные, институциональные, политические или организационные изменения, скачки технологического прогресса, социальные революции и т.п. Так, требования к постоянному обновлению знаний и компетенций работников предприятий (Белокрылова и Фролова, 2013), вызываемые цифровой трансформацией, можно определить как возмущающее событие, меняющее условия функционирования профессионально-образовательной экосистемы.

При изучении экосистемы необходимо рассмотреть также *процессы* ее развития. Любая экосистема динамична, все многообразные процессы и изменения, происходящие в ней, можно отнести к двум типам: циклические и поступательные. В биологической экосистеме циклические изменения связаны с периодичностью внешних условий и проявления эндогенных ритмов организмов. Циклические изменения профессионально-образовательной экосистемы могут быть вызваны, например, сменой фаз жизненного цикла предприятия. Поступательные изменения вызываются внешними по отношению к экосистеме факторами, длительно действующими в определенном направлении. В биологической экосистеме поступательные изменения могут привести в итоге к смене этого сообщества другим. Для профессионально-образовательной экосистемы таким фактором может стать цифровая трансформация, требующая качественных изменений ее содержания. Биологическая экосистема характеризуется закономерно направленным процессом (*сукцессией*) изменения сообществ в результате взаимодействия живых организмов между собой и окружающей их средой. Сукцессия – это процесс саморазвития сообщества. Механизм сукцессии основан на конкурентных взаимодействиях видов, в результате которых происходит постепенное формирование более устойчивых комбинаций, соответствующих конкретным условиям среды. *Процесс саморазвития* характерен и для профессионально-образовательной экосистемы. Здесь саморазвитие проявляется, например, в усилении интеграции как образовательных учреждений между собой, так и с самим предприятием, а также в совершенствовании методов и подходов к обучению. Возможность работать в новых изменчивых условиях цифровой трансформации во многом определяется наличием у специалистов системного мышления, знанием цифровых технологий и способностью применять их, поэтому системный, междисциплинарный и практико-ориентированный подходы к обучению являются важнейшими условиями эффективного функционирования профессионально-образовательной экосистемы.

Таким образом, необходимо учитывать, что в основе профессионально-образовательной экосистемы лежит динамика сложных отношений, которые формируются между ее

участниками в процессе формирования человеческого капитала. В основе процесса саморазвития профессионально-образовательной экосистемы всегда лежит усложнение ее строения и повышение адаптации на базе постоянных обновлений.

4. Перспективы профессионально-образовательной экосистемы в условиях цифровой трансформации

Цифровая трансформация является неотъемлемым атрибутом нового этапа научно-технического прогресса, который характеризуется слиянием технологий и стиранием граней между физическими, цифровыми и биологическими сферами. Под цифровой трансформацией часто понимается использование современных технологий для кардинального повышения производительности и эффективности предприятий (*Westerman and Bonnet, 2014*). Безусловно, субъекты реального сектора экономики должны быть готовы к цифровой трансформации. В новых условиях они будут успешно функционировать только в случае соответствия качества задействованных человеческих ресурсов текущим и перспективным потребностям (*Шап, Бородин и Белокрылова, 2012*) их производственного процесса. В современных условиях повышения интеллектуализации производства добавленную стоимость формируют преимущественно знания, их доля может достигать 95% (*Байнев, 2017*). Человеческий же капитал становится основным фактором экономического прогресса. Так, во многих развитых странах доля последнего приближается к 80% (*Каппушева, 2015*). В то же время, предъявляя высокие требования к человеческому капиталу, цифровая трансформация несет в себе и угрозы, касающиеся его развития.

Во-первых, это проблема цифрового неравенства, т.е. дифференциации пользователей по уровню доступа к информации и цифровым технологиям. Цифровое неравенство работает по принципу петли обратной связи: люди, имеющие малый доступ к информации и новым технологиям, редко пользуются ими, что ограничивает их возможности в получении новой информации и знаний. Таким образом, в отличие от других форм неравенства, цифровое неравенство воспроизводит само себя. При этом некоторые исследователи отмечают, что цифровое неравенство, в отличие от экономического, усугубляет другие формы неравенства (*Jung, Qiu and Kim, 2001*).

Во-вторых, использование цифровых технологий в образовании, наряду с их очевидными преимуществами, выражающимися в обеспечении широкого доступа, повышении адаптивности и обеспечении непрерывности образования в течение всей жизни, имеют недостатки. Цифровые технологии могут способствовать формированию «клипового» (фрагментарного, мозаичного) мышления у специалистов, отсутствию навыков по осмыслению и анализу информации (*Иванов и Малинецкий, 2017*). Следствием этого является утрата творческих начал и формирование стиля поведения, заключающегося в следовании установленным процедурам, что также может негативно сказаться на развитии человеческого капитала.

Устойчивые профессионально-образовательные экосистемы, благодаря механизмам саморазвития, во многом способны ответить на эти и другие вызовы формирования и развития человеческого капитала. Самоорганизация как процесс саморазвития характеризуется синергетическими эффектами, под которыми понимается результат совместного действия элементов системы, способный приводить к качественному изменению её состояния под воздействием разных по природе сил (*Мясников, 2013*). Синергетические эффекты могут быть положительными и отрицательными. Так, если отрицательная сила воздействия внешней среды предприятия в течение некоторого времени меньше силы положительного противодействия его внутренней среды, то возникает положительный синергетический эффект – и наоборот (*Флек, Богуславский и Угнич, 2014*). В табл. 2 представлена характеристика синергетических эффектов, возникающих в профессионально-образовательной экосистеме на разных стадиях

движения человеческого капитала, с точки зрения его источников формирования и приращения.

Таблица 3

**Возникновение синергетических эффектов на разных стадиях
движения человеческого капитала предприятия
в профессионально-образовательной экосистеме**

Стадии движения человеческого капитала	Основной источник возникновения синергетических эффектов в экосистеме	Проявление синергетических эффектов в экосистеме
Формирование человеческого капитала	Взаимодействие системы среднего общего образования (1 уровня экосистемы) с носителем человеческого капитала	Формирование базовых знаний и навыков
	Взаимодействие системы среднего профессионального и высшего образования (2 уровня экосистемы) с носителем человеческого капитала	Получение новой квалификации, профессиональных компетенций
Развитие (приращение) человеческого капитала	Взаимодействие носителей человеческого капитала на предприятии; взаимодействие системы дополнительного профессионального образования (3 уровня экосистемы) с носителем человеческого капитала	Приобретение опыта, расширение профессиональных и коммуникационных навыков

Но для того, чтобы представленные в табл. 3 синергетические эффекты были положительными, особенно в нестабильных условиях цифровой трансформации, и выражались бы в повышении «качества» человеческого капитала, а не в его деградации, профессионально-образовательная экосистема должна обладать внутренними эффективными механизмами саморегуляции и саморазвития. Эти механизмы будут эффективны только в том случае, если в профессионально-образовательной экосистеме будут тесно взаимосвязаны три обязательных компонента:

- конкретные требования к компетенциям специалистов, предъявляемые предприятием;
- необходимые и достаточные знания и умения, формируемые средними общими, средними профессиональными образовательными учреждениями и вузами;
- эффективные подходы к обучению, отвечающие требованиям цифровой трансформации.

При этом, если требования к компетенциям инженеров определяют предприятия, а знания, умения и навыки, исходя из требований, формируют вузы, то выработка эффективных подходов к обучению является результатом взаимного сотрудничества предприятий и университетов.

В целом же устойчивость профессионально-образовательной экосистемы характеризуется ее постоянным усложнением за счет лежащего в ней сочетания взаимодействий различных участников, используемых ими технологий и активного воздействия внешней среды.

5. Заключение

Понимание профессионально-образовательного кластера как экосистемы позволяет глубже понять происходящие в нем реальные процессы и может способствовать разработке инструментов повышающих его эффективность для реального сектора экономики. Перенос концепции экосистем в экономический контекст, применительно к кластеру, призван обогатить инструментарий его исследования за счет подходов,

используемых при анализе экосистемы в биологии. Так, анализ профессионально-образовательного кластера с позиций его базовых экосистемных характеристик: целевой ориентации; продукта (результат функционирования); разнообразия участников и их взаимодействия; состояния среды; процессов самоорганизации и динамики развития, позволит определить ее специфику, пробелы и перспективы развития. Главным продуктом профессионально-образовательной экосистемы является человеческий капитал. А именно человеческий капитал и сосредоточенные в нем знания являются важнейшим и необходимым ресурсом для цифровой трансформации. Предъявляя высокие требования к человеческому капиталу, цифровая трансформация несет в себе и угрозы, касающиеся его развития. Ответить на эти вызовы во многом способны устойчивые профессионально-образовательные экосистемы благодаря процессам саморазвития и самоорганизации и связанными с ними синергетическими эффектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андросик Ю. Н. (2016). Бизнес-экосистемы как форма развития кластеров // Труды БГТУ. Экономика и управление, № 7, с. 38–44.

Байнев В. (2017). «Четвертая промышленная революция» как очередной этап экономической интеграции // Экономист, № 2, с. 3–9.

Белокрылова О. С. и Фролова Л. А. (2013). Информационная экономика: базовые институты и особенности формирования на региональном уровне: монография. Ростов н/Д: Изд-во «Содействие – XXI век».

Вольтерра В. (1976). Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука.

Каппушева А. Р. (2015). Человеческий капитал как экономический ресурс // Фундаментальные исследования, № 2, с. 4963–4964.

Иванов В. В. и Малинецкий Г. Г. (2017). Цифровая экономика: мифы, реальность, перспективы. М.: РАН.

Клейнер Г. Б. (2018). Экосистема предприятия в свете системной экономической теории / Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы Девятнадцатого всероссийского симпозиума. Москва, 10–11 апреля 2018 г. М.: ЦЭМИ РАН. Секция 1.

Кравцов П. Г. и Михелькевич В. Н. (2015). Организационно-методические основы функционально-ориентированной подготовки специалистов в структуре регионального образовательного кластера // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-Педагогические науки, № 2 (26), с. 99–107.

Мясников А. А. (2013). Синергетические эффекты в современной экономике. Введение в проблематику. М.: Либроком.

Романов В. П. и Ахмадеев Б. А. (2015). Моделирование инновационной экосистемы на основе модели «хищник-жертва» // Бизнес-информатика, № 1(31), с. 7–17.

Солиев Р. (2016). Важнейшие тенденции информационно-коммуникационных технологий в развитии современной глобальной экономики // Наука и техника, № 13(316), с. 24–27.

Флек М. Б., Богуславский И. В. и Угнич Е. А. (2014). Управление синергетическими эффектами – основной драйвер развития предприятия в современных условиях // Вестник Донского государственного технического университета, т. 14, № 4(79), с. 204.

Флек М. Б. и Шевцов С. Н. (2017). Корпоративная кафедра на базе серийного авиационного предприятия. Особенности и проблемы эффективного функционирования как учебного подразделения вуза // Проблемы и перспективы подготовки авиационных специалистов: проблематика научных исследований. Сборник статей и докладов на юбилейной научно-методической конференции в честь 15-летия образования корпоративной кафедры «Авиастроение» Донского государственного технического университета при ПАО «Роствертол». Ростов-на-Дону: ДГТУ, с. 24–28.

Флек М. Б. и Угнич Е. А. (2017). Модель управления предприятием в современных условиях: ресурсный ракурс // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, т. 10, № 4, с. 165–175.

Флек М. Б. и Угнич Е. А. (2018). Роль базовой кафедры в формировании человеческого капитала предприятия // Государственное управление. Электронный вестник, № 67, с. 292–313.

Шапш Н. Н., Бородин А. И. и Белокрылова О. С. (2012). Трансформация организаций в турбулентной экономике // Журнал экономической теории, № 3, с. 154–161.

Comes C.-A. (2012). Banking system: Three level Lotka-Volterra model // Procedia Economics and Finance, 3, 251–255.

Jarvi, K, Almpantopoulou, A. and Ritala, P. (2018). Organization of knowledge ecosystem: Prefigurative and partial forms // Research Policy, 47(8), 1523–1537.

Jung, J. Y., Qiu, J. L. and Kim Y. C. (2001). Internet connectedness and inequality beyond the «divide» // Communication Research, 28(4), 507–535.

Kutsenko, E. (2015). Pilot Innovative Territorial Clusters in Russia: A Sustainable Development Model // Foresight Russia, 9(1), 32–55. DOI: 10.17323/1995-459x.2015.1.32.55

Moore, J. F. (1993). Predators and prey: A new ecology of competition // Harvard Business Review, May-June.

Porter, M. (1998). Clusters and the New Economic Competition // Harvard Business Review, November – December.

Porter, M. (2000). Location, Competition and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy // Economic Development Quarterly, 14(1), 15–34.

Porter, M. and Ketels, C. (2009). Clusters and Industrial Districts: Common Roots, Different Perspectives, p. 36.

Porter, M. (1990). Competitive Advantage of Nations. – New York: Free Press.

Porter, M., Ketelhohn, N., Artiganave, A., Kelly, J., Krasniqi, M., Gi, M. T. P. and Zhang, L. (2010). The Massachusetts Higher Education and Knowledge Cluster: The Microeconomics of Competitiveness, USA, Massachusetts Press.

Uzawa, H. (1965). Optimal technical change in an aggregative model of economic growth // International Economic Review, 6, 18–31.

Westerman, G., Bonnet, D. and McAfee, A. (2014). The Nine Elements of Digital Transformation // Opinion&Analysis, – January.

REFERENCES

Androsik, Yu. N. (2016). Business ecosystems as a form of cluster development // Proceedings of BSTU. Economics and management, 7, 38–44. (in Russian).

Baineв, V. (2017). The “Fourth industrial revolution” as the next stage of economic integration // The Economist, 2, 3–9. (in Russian).

Belokrylova, O. S. and Frolova L. A. (2013). Information economy: basic institutions and peculiarities of formation at the regional level: monograph. – Rostov n/D: “Assistance – XXI century”. (in Russian).

Volterra, V. (1976). The Mathematical theory of the struggle for existence. M.: Science. (in Russian)

Kappusheva, A. R. (2015). Human capital as an economic resource // Fundamental research, 2, 4963–4964. (in Russian).

Ivanov, V. V. and Malinetsky, G. G. (2017). Digital economy: myths, reality, prospects. M.: Russian Academy of Sciences. (in Russian).

Kleiner, G. B. (2018). The enterprise in the light of the system of economic theory / Strategic planning and development of the enterprise: materials of the Nineteenth all-Russian Symposium. Moscow, 10–11 April 2018 – Moscow: CEMI RAS. – Section 1. (in Russian).

Kravtsov, P. G. and Mihaljevic, V. N. (2015). Organizational and methodological foundations of feature-oriented training in the structure of regional educational cluster // Bulletin of Samara state technical University. Series: Psychological and Pedagogical Sciences, 2(26), 99–107. (in Russian).

Myasnikov, A. A. (2013). The Synergetic effects in the modern economy. Introduction to the problems. Moscow: Librokom. (in Russian).

Romanov, V. P. and Akhmadeev, B. A. (2015). Modeling of innovation ecosystem on the basis of the model “predator-prey” // Business Informatics, 1 (31), 7–17. (in Russian).

Soliev, R. (2016). The most Important trends of information and communication technologies in the development of the modern global economy // Science and technology, 13(316), 24–27. (in Russian).

Flek, M. B., Boguslavskiy, I. V. and Ugnich, E. A. (2014). Synergistic effects management as the basic driver of enterprise development under current conditions // Bulletin of Don state Technical University, vol. 9, 4(79), 204. (in Russian).

Flek, M. B. and Shevtsov, S. N. (2017). Corporate Department on the basis of serial aircraft production. Features and problems of effective functioning as an educational unit of the University // Problems and prospects of training aviation specialists: problems of scientific research. Collection of articles and reports at the anniversary scientific and methodological conference in honor of the 15th anniversary of the corporate Department “Aircraft” Don State Technical University at PLC “Rostvertol”. Rostov-on-Don: DSTU, 24–28. (in Russian).

Flek, M. B. and Ugnich, E. A. (2017). The model of enterprise management in modern condition: the resource view // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 10(4), 165–175. (in Russian).

Fleck, M. B. and Ugnich, E. A. (2018). The Role of a Specialized University Department in the Formation of the Enterprise Human Capital // Public Administration. E-journal, 67, 292–313. (in Russian).

Shash, N. N., Borodin, A. I. and Belokrylova O. S. (2012). The Transformation of organizations in a turbulent economy // Journal of economic theory, 3, 154–161. (in Russian).

Comes, C.-A. (2012). Banking system: Three level Lotka-Volterra model // Procedia Economics and Finance, 3, 251–255.

Jarvi, K, Almpantopoulou, A. and Ritala, P. (2018). Organization of knowledge ecosystem: Prefigurative and partial forms // Research Policy, 47(8), 1523–1537.

Jung, J. Y., Qiu, J. L. and Kim, Y. C. (2001). Internet connectedness and inequality beyond the «divide» // Communication Research, 28(4), 507–535.

Kutsenko, E. (2015). Pilot Innovative Territorial Clusters in Russia: A Sustainable Development Model // Foresight Russia, 9(1), 32–55. DOI: 10.17323/1995-459x.2015.1.32.55.

Moore, J. F. (1993). Predators and prey: A new ecology of competition // Harvard Business Review, May-June.

Porter, M. (1998). Clusters and the New Economic Competition // Harvard Business Review, November – December.

Porter, M. (2000). Location, Competition and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy // Economic Development Quarterly, 14(1), 15–34.

Porter, M. and Ketels C. (2009). Clusters and Industrial Districts: Common Roots, Different Perspectives, p. 36.

Porter, M. (1990). Competitive Advantage of Nations. – New York: Free Press.

Porter, M., Ketelhohn N., Artiganave A., Kelly J., Krasniqi M., Gi M. T. P. and Zhang L. (2010). The Massachusetts Higher Education and Knowledge Cluster: The Microeconomics of Competitiveness, USA, Massachusetts Press.

Uzawa, H. (1965). Optimal technical change in an aggregative model of economic growth // International Economic Review, 6, 18–31.

Westerman, G., Bonnet, D. and McAfee, A. (2014). The Nine Elements of Digital Transformation. // Opinion&Analysis, – January.