

**КО-ЭВОЛЮЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Хозяйственная деятельность на протяжении всей истории человечества вела к постоянной нагрузке на природную среду: вымиранию многих видов животных, смыву почв, заиливанию русел и устьев рек, росту дельт, засолению почв, развитию глинистых и солончаковых пустынь. Ежегодно сжигается свыше 10 млрд. т условного топлива, при этом в воздух выбрасывается более 1 млрд. т различных взвесей. За последние 100 лет в атмосферу попало более 1 млн. т кремния, 1,5 млн. т мышьяка, порядка 900 тыс. т кобальта. Сжигание каменного угля, производство цемента и выплавка чугуна дают суммарный выброс пыли в атмосферу, равный 170 млн. т в год.

Аналогичные тенденции наблюдаются и в Украине. Среднегодовые темпы прироста выбросов вредных веществ в атмосферу за период с 2000 по 2011 г. составили более 2%. В среднем на одного жителя Украины приходится около 90 кг вредных выбросов от стационарных источников. При этом данный показатель значительно варьируется в различных регионах: от 40 кг в Ивано-Франковской области до более чем 300 кг на одного жителя Донецкой области. Только в 2010 г. в водоемы страны было сброшено почти 2 млрд. м³ загрязненных стоков. При этом почти 18% загрязненных сточных вод поступило в водоемы без очистки, а остальные 82% – недостаточно очищенными. Критической является и ситуация в сфере образования отходов. К началу 2011 г. в специально отведенных местах накопилось более 13 млрд. т отходов.

Приведенные данные свидетельствуют о постоянно возрастающей угрозе экологиче-

ской безопасности, требующей немедленных мер для решения данных проблем путем включения экологического императива во все элементы хозяйственного механизма. Одним из вариантов решения данной задачи выступает концепция устойчивого развития, которая была предложена на конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 г. В дальнейшем представителями различных экономических школ, к которым относятся И. Александров, О. Балацкий, Б. Буркинский, О. Веклич, Г. Дейли, Д. Медоуз, Л. Мельник, Д. Месарович, К. Рихтер, А. Эндерс и др., раскрыты теоретические и практические аспекты данной концепции.

Используя концепцию устойчивого развития, на протяжении последних десятилетий в экономически развитых странах удалось достичь значительного повышения эффективности преобразования материалов и энергии в экономическую стоимость благодаря использованию глобальных цепочек формирования стоимости. Однако этого удалось достичь на основе так называемого международного «изменения границ загрязнений»: ресурсо- и энергозатратные звенья «перемещаются» в другие страны. Фактически относительное экологическое благополучие одних стран (экономика которых «привязана» к началу и концу цепочки ценности) во многом обусловлено наличием существенного загрязнения других стран (экономика которых «привязана» к середине цепочки ценности).

Не менее сложным и малоизученным остается вопрос взаимосвязи между экономической и экологической системами. Скорость изменения процессов в экономической

системе превосходит скорость изменения в экологической. Это ведет к тому, что сбои и недостатки в функционировании экономической системы часто становятся явными сразу (экономические кризисы, безработица, перегрев экономики и др.). Тогда как негативные изменения и кризисные явления в экологической системе часто имеют отсроченный, аккумулярующий характер (снижение качества питьевой воды, увеличение загрязнения воздуха, повышение радиационного фона, рост заболеваемости и т.д.). Поэтому особого внимания заслуживает изучение вопросов совместного развития двух систем, оказывающих влияние на развитие друг друга.

Исходя из всего перечисленного *целью* работы является исследование и разработка механизма, описывающего совместное развитие экономических и экологических систем на основе холистического подхода для формирования нового видения и концепции сбалансированного развития.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1) проанализировать основные недостатки существующей концепции устойчивого развития, связанные с использованием редуционной методологии;

2) исследовать содержание ко-эволюционного подхода как одного из составляющих холистической методологии;

3) разработать механизм ко-эволюции экономической и экологической систем;

4) предложить собственное видение процесса сбалансированного развития экономических и экологических систем.

Недостатки существующей концепции устойчивого развития.

При анализе причинно-следственных зависимостей в экономико-экологических исследованиях в настоящее время основной формой познавательной деятельности выступает редуционизм, предполагающий сведение сложного к более простому, упрощение исследуемого объекта. Однако при анализе сложных систем, к которым, безусловно, относятся экономико-экологические, необходим переход к новому гносеологическому подходу, основанному на взаимном дополнении

редуционизма идеями холизма, что предполагает рассмотрение объекта исследования в виде целостной картины. При этом переход может осуществляться в двух направлениях [1]. В первом случае превалирует холистическая точка зрения, когда за основу берется целое, а составляющие рассматриваются как вспомогательные элементы. Напротив, второй подход предполагает детальное исследование составляющих частей, а целое представляется как их линейная сумма. Тем не менее следует отметить, что в обоих случаях не учитывается основная методологическая посылка холизма – взаимодействие между частями целого и взаимодействие между целым и его окружением. Преодоление данной гносеологической ловушки возможно путем осознания того факта, что холистический подход предполагает не только мышление в терминах «частей» и «целого», но и взаимодействия между ними.

Редуционный подход к представлению мирового пространства опирается на следующие положения:

природная, социальная и экономическая подсистемы являются независимыми и могут исследоваться отдельно (подход на основе редуционизма);

устойчивое развитие возможно в зоне взаимодействия этих трех подсистем, тогда как площадь вне зоны этого взаимодействия является источником противоречий и конфликтом (так называемая бивалентность);

достижение устойчивого развития возможно через интеграцию экологических, экономических и социальных целей (так называемый линейный тип мышления).

Данное представление является основанием для пространственной ловушки, связанной с устойчивым развитием. В отличие от этого холистически-редуционный подход к пространственному представлению мира основывается на следующих посылках [2]:

человеческий универсум (включая экономическую и социальную системы) зависит от экологической подсистемы;

точка пересечения четырех сфер является площадью, где происходит миллион комбинаций конфликтов и соглашений, ко-

торые являются основой для ко-эволюции экологического и людского универсумов;

основой взаимодействия являются миллионы подсистем, которые не принадлежат только одной подсистеме;

экологический кризис является результатом пренебрежения одним или более системными параметрами.

Обсуждение вопросов этического отношения к экологическим проблемам и устойчивому развитию указывает на отсутствие единого мнения по данному вопросу. При этом основным трендом в данных обсуждениях является необходимость перехода на принципы экологической этики в отличие от господствующей в настоящее время антропоцентричной.

Ко-эволюционный подход к описанию совместного развития.

Описание процессов совместного развития¹ экономических и экологических систем в рамках холистического видения осуществляется с помощью механизмов ко-эволюции – совместного развития двух и более систем, обусловленное взаимным влиянием и связями между этими подсистемами. Традиционно ко-эволюция рассматривается как обоюдный эволюционный процесс между взаимодействующими субъектами (популяциями, процессами, системами и т.п.), управляемые естественным отбором [3]. Ко-эволюционный подход важен для объяснения периодически нарушаемого равновесия². Это позволяет связать микроэволюцию (объясняемую теорией Ч. Дарвина) с макроэволюцией (совместимой с теорией Ч. Дарвина).

¹ Для целей дальнейшего исследования под развитием будет пониматься постепенное фазовое изменение состояния процесса со скачкообразным переходом в конце фазы на качественно новый уровень [9, с. 309]. Основными свойствами процесса развития является необратимость, направленность и закономерность. В свою очередь эволюция представляет собой один из основных типов развития, который предполагает необратимые медленные, постепенные количественные и качественные изменения вследствие адаптации к условиям существования.

² Тип эволюции, при котором длительный период равновесия периодически нарушается кратким периодом бурного развития.

Непосредственно сам процесс ко-эволюции является особым типом взаимозависимости: «А» влияет, но не определяет «Б» и «В», которые в свою очередь влияют, но не определяют «А», хотя в «А», «Б» и «В» происходят необратимые изменения.

В настоящее время в экономических исследованиях ведется активная дискуссия о возможности применения методологических установок теории биологической эволюции для объяснения экономической динамики. Несмотря на то что данный подход позволил добиться серьезных результатов в объяснении организационных процессов [4], инновационного развития [5], существуют значительные разногласия по поводу использования биологической терминологии. Это обусловлено следующими ключевыми вопросами:

- 1) метафорическое использование дарвинизма в экономических исследованиях;
- 2) онтологическая и семантическая проблема, связанная с неметафорической связью между процессами социальной и природной эволюций.

Первый вопрос во многом связан с онтологией использования дарвинизма в экономических исследованиях. Невзирая на то что возможность применения ряда принципов дарвинизма для описания экономических процессов обоснована теоретически [6], существуют значительные отличия между экономической и биологической эволюциями, что может привести к логической ошибке, связанной с прямым переносом терминологии биологии в сферу экономических исследований [7]. В работе [8, с. 538] указывается, что «the metaphorical use of Darwinian principles risks concealing the real mechanisms underlying economic and cultural evolution»³.

Тем не менее ко-эволюционный подход позволил получить положительные результаты для описания и объяснения экономических процессов. Так, в эволюционной экономике ко-эволюционные процессы ис-

³ «метафорическое использование принципов дарвинизма связано с риском сокрытия реальных механизмов экономических и культурных процессов» (перевод автора).

пользуются для понимания того, как институты и промышленная политика влияют на устойчивое развитие. Экологическая экономика использует ко-эволюцию для исследования влияния эволюции социально-экономических систем на биофизические [10]. В работах Р. Норгарда были предприняты первые попытки использовать принципы ко-эволюции для объяснения развития экономической и экологической систем [11-13]. Он отмечал, что «...social and environmental systems coevolve such that environmental systems reflect the characteristics of social systems — their knowledge, values, social organization, and technologies — while social systems reflect the characteristics of environmental systems — their mix of species, rates of productivity, spatial and temporal variation, and resilience. The coevolutionary description of development explains why, and to some extent how, everything is related to everything else¹» [14]. Его работы послужили фундаментом для описания совместной эволюции в экосистемах, направляемых естественным отбором и эволюцией других типов систем, которые регулируются сложными эволюционными механизмами.

Дж. Ван ден Берг и С. Стагл использовали ко-эволюционный подход для описания влияния институциональных изменений на биологическую эволюцию [15]. Ими было выделено четыре уровня взаимодействия: генетический, индивидуальный, групповой и институциональный. При этом С. Стагл определил три уровня ко-эволюционных процессов, необходимых для обеспечения устойчивого развития [16]:

ко-эволюция природной среды и управления;

ко-эволюция технологии и управления;

¹ «...социальные и экологические системы эволюционируют таким образом, что экологическая система отражает определенные характеристики социальной: знания, ценности, ..., технологии. В свою очередь социальные системы отражают характеристики экологических систем: смешивание пространств, уровни производительности, пространственная и временная изменчивость, устойчивость. Ко-эволюционный подход к описанию развития позволит объяснить, как и почему все связано со всем...» (перевод автора).

ко-эволюция поведения и культуры.

Кроме того, ко-эволюционный подход применяется для описания взаимодействия многих процессов и явлений: спроса и предложения [5], пользователей и технологии [17], технологий, структуры промышленности и институтами [18, 19], технологии и общества [20], экологии, экономики и общества [14, 21-23].

Таким образом, использование ко-эволюционного подхода позволяет перейти от редуцированного подхода анализа устойчивого развития к пространственному и холистическому. Следует отметить, что в настоящее время отсутствует единое представление механизма процесса ко-эволюции. Поэтому необходимо формирование описания ко-эволюционного процесса, который в дальнейшем послужит для определения устойчивого развития.

Ко-эволюционная модель взаимодействия экономической и экологической систем.

Описание процесса ко-эволюции требует определения следующих составляющих:

а) определение взаимодействующих подсистем;

б) базовой единицы эволюции и особенностей протекания эволюционных процессов в отдельной подсистеме;

в) описания процесса совместного взаимодействия эволюции отдельных подсистем.

Все подсистемы на Земле могут быть разделены на четыре типа:

экологическая – экосистема – сложная самоорганизующаяся, саморегулирующаяся и саморазвивающаяся система, которая состоит из замкнутых, стабильных в пространстве и времени потоков вещества и энергии между ее биотическими и абиотическими составляющими элементами [24];

биотическая – биоценоз – исторически сложившаяся совокупность растений, животных, микроорганизмов, населяющих биотоп (участок территории или акватория);

социальная – социум – общность людей, характеризующаяся общностью социальной, экономической и культурной жизни, основной, самый крупный и сложный, «высший» реальный субъект исторического процесса;

экономическая – совокупность всех экономических процессов, совершающихся в обществе на основе отношений, которые в нем сложились, собственности и хозяйственного механизма.

Взаимосвязь этих подсистем приведена на рис. 1. Основными элементами экологической системы являются экотоп, биоценоз и биотоп. Экотоп – первичный комплекс абиотических факторов, определенная территория или акватория со всем набором и особенностями почв, микроклимата и других факторов в неизменном организмах виде. Биоценоз – совокупность растений, исторически сложившаяся, животных, микроорганизмов, населяющих участок суши или водоема (биотоп).

Эволюция неживой системы описывается с помощью следующих основных положений:

факторы живой и неживой природы являются определяющими для микроэволюции. Это во многом согласуется с принципом Гая [10];

внезапные события могут радикально изменить ход эволюции;

процессы экономической, социальной и экологической эволюции являются силами макроэкономической эволюции, то есть оказывают влияние на развитие неживой подсистемы.

Процессы, протекающие в данной подсистеме, регулируются законами термодинамики, гравитации, солнечной радиации и другими механизмами.

Биоценоз представлен живыми организмами. Единицей эволюции являются гены, отдельные особи, популяции. Важным аспектом данного типа эволюции является учет временного и пространственного фактора. Так, для оценки продолжительности жизни используются различные подходы: от метаболического до репродуктивного [25]. Кроме того, большое значение имеет различие в шаге эволюции. Как отмечено в работе [15], биологическая эволюция осуществляется значительно медленнее, чем экономическая или социальная. Поэтому следует учесть влияние скорости протекания эволюционных процессов в разных подсистемах. Эволюция

социальной подсистемы протекает быстрее, чем эволюционные процессы экологических систем, но медленнее, чем эволюция в экономической системе. Таким образом, предполагается, что существует зависимость между иерархией определенных подсистем и скоростью эволюционных процессов: чем выше уровень в пространственной иерархии систем, тем медленнее протекают эволюционные процессы.

Эволюция в социальной подсистеме является результатом сложного взаимодействия социальных институтов и технологий. Единицей эволюции является группа, социум. Предполагается, что поведение человека определяется не только биологическими факторами. Процесс обучения и экспериментирование формируют поведение человека [14]. На данном уровне значительное влияние на поведение человека в социуме оказывают ограниченная рациональность, рутинизация поведения, иерархия выбора.

Представителями экономической подсистемы выступают популяции экономических субъектов. Единицей эволюции экономической подсистемы выступают рутины и технологии. В процессе взаимовлияния, взаимосвязи и взаимной борьбы происходит эволюция экономических явлений и процессов, а единство и борьба противоположностей являются источником развития [26, с. 8]. Как отмечено выше, для описания эволюционного процесса большое значение имеет учет временного и пространственного факторов. Отражение временного фактора возможно с помощью использования принципа историзма. Согласно данному принципу процесс развития технологий и способов производства отражается на общем развитии производительных сил. Производительные силы отражают процесс освоения природной среды для воспроизведения условий существования человека. Вещественными элементами производительных сил являются средства производства и средства потребления. Каждой ступени развития производительных сил соответствуют определенные производственные отношения. В процессе своего развития производительные силы приходят в противоречие с существующими производ-

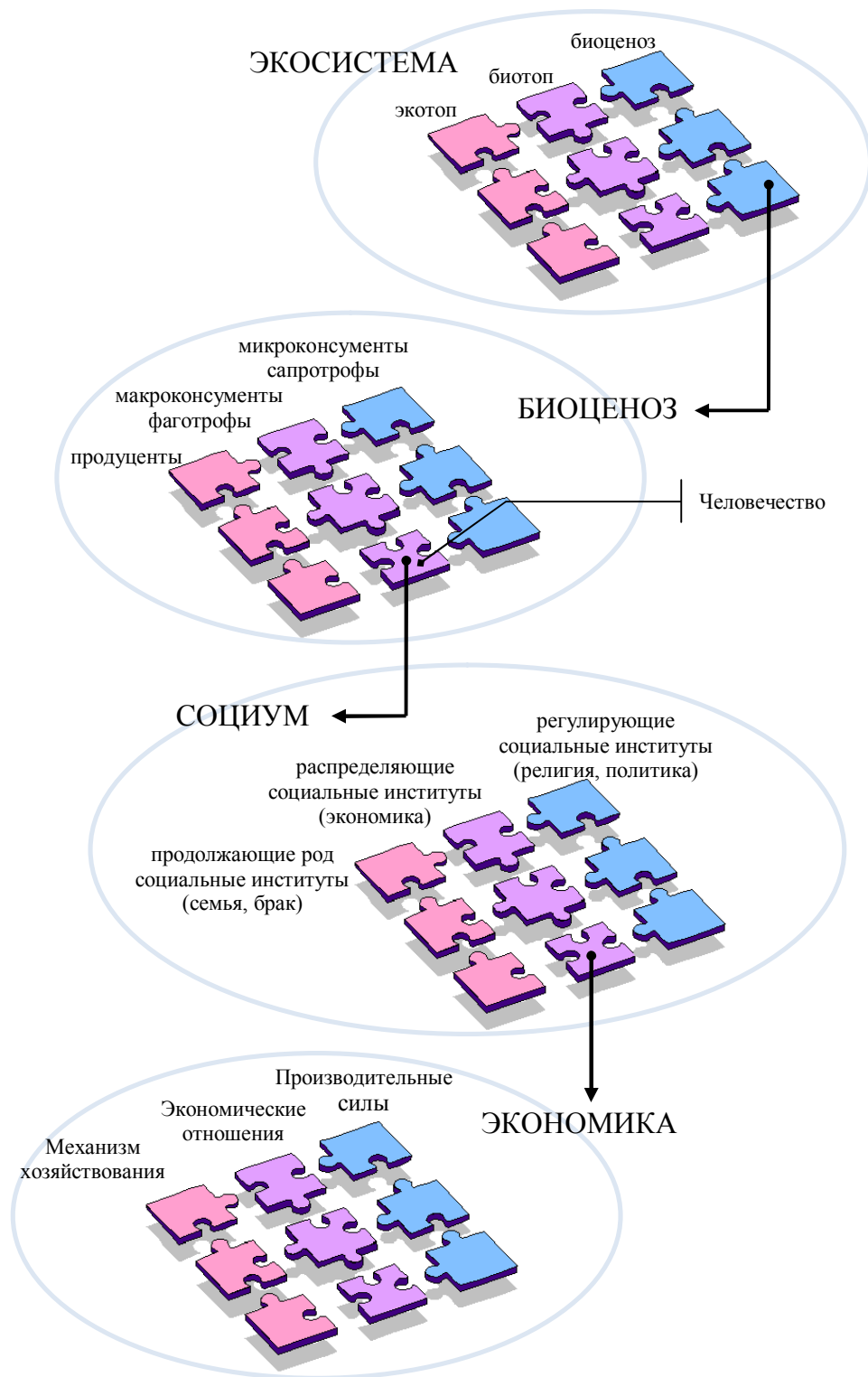


Рис. 1. Холистическая пространственная иерархия глобальных подсистем

ственными отношениями, что отражается в переходе к новой социально-экономической формации общества. Таким образом, данная взаимосвязь и взаимозависимость составля-

ют диалектику процесса экономического развития.

Развитие производительных сил ведет к международному разделению труда, кото-

рое заключается в специализации производства отдельных стран на отдельных видах продукции и дальнейшем обмене этими продуктами. Международное разделение труда составляет базис международной торговли и глобализации и является основой для развития мирового рынка. Международное разделение труда ведет к росту производительных сил общества, всестороннему использованию ресурсов стран на основе научно-технического прогресса. Система международногоразделения труда наглядно описывается с помощью глобальной цепочки ценности – представление видов деятельности, которые создают потребительскую стоимость.

Вся деятельность по созданию конечной ценности (потребительской стоимости) разделяется на несколько категорий [27]:

относящаяся непосредственно к производству, маркетингу, сбыту и поддержке;

создающая, распределяющая и улучшающая факторы производства;

выполняющая поддерживающие функции (управление, научные исследования и др.).

В цепочке ценности осуществление одного вида деятельности оказывает влияние на эффективность другого. При этом необходимо учитывать, что цепочка ценности отдельного предприятия включается в общую цепочку ценности всей отрасли, которая, в свою очередь, вовлекается в более широкий поток видов деятельности, представляющий систему ценностей.

Особое значение для эволюции экономической подсистемы имеет информация. Информационные технологии распространяются во все звенья цепочки ценности, создавая условия для изменения способов производства и меняя характер связей между отдельными звеньями. Информационная составляющая играет значительную роль, поскольку каждый создающий потребительскую стоимость вид деятельности имеет как физическую составляющую, так и составляющую обработки информации [27, с. 113]. Таким образом, процесс развития может осуществляться как по пути физического совершенствования технологии, так и в на-

правлении повышения эффективности информационного обеспечения.

В процессе эволюции экономической подсистемы осуществляется трансформация цепочки ценности. Это происходит в виде изменения доли различных видов деятельности, создающих потребительскую стоимость, а также «привязки» к определенным территориям, на которых осуществляется соответствующий вид деятельности (так называемая пространственная модель [28]). Таким образом, пространственный фактор экономической эволюции находит свое отражение в изменении географического расположения отдельных видов деятельности цепочки ценности.

Обобщение приведенных особенностей протекания эволюционных процессов в различных подсистемах позволяет предложить следующий механизм ко-эволюции, приведенный на рис. 2.

В каждой из рассмотренных подсистем протекают эволюционные процессы с учетом приведенной выше их специфики. Эволюционный переход подсистемы из одного состояния в другое осуществляется под влиянием определяющих эволюционных факторов (генов, рутин, популяций и пр.). При этом процесс перехода осуществляется в точке бифуркации. Данная точка характеризует процесс возможного изменения траектории развития подсистемы. Таких точек на траектории развития системы множество. При этом возможны два варианта дальнейшего развития событий. В первом случае после прохождения данной точки происходит переход на новую траекторию развития, что соответствует выходу на качественно новый уровень. Второй вариант предполагает, что происходящие изменения не ведут к изменению траектории развития системы. Однако поскольку данный процесс носит кумулятивный характер, то накопление этих незначительных изменений, в конечном счете, приведет к резким скачкам и переходу на новую траекторию развития. Поскольку поведение рассматриваемых подсистем носит нелинейный характер, то траектория их развития чувствительна к начальным условиям. Кроме того, малые возмущения одного из факто-

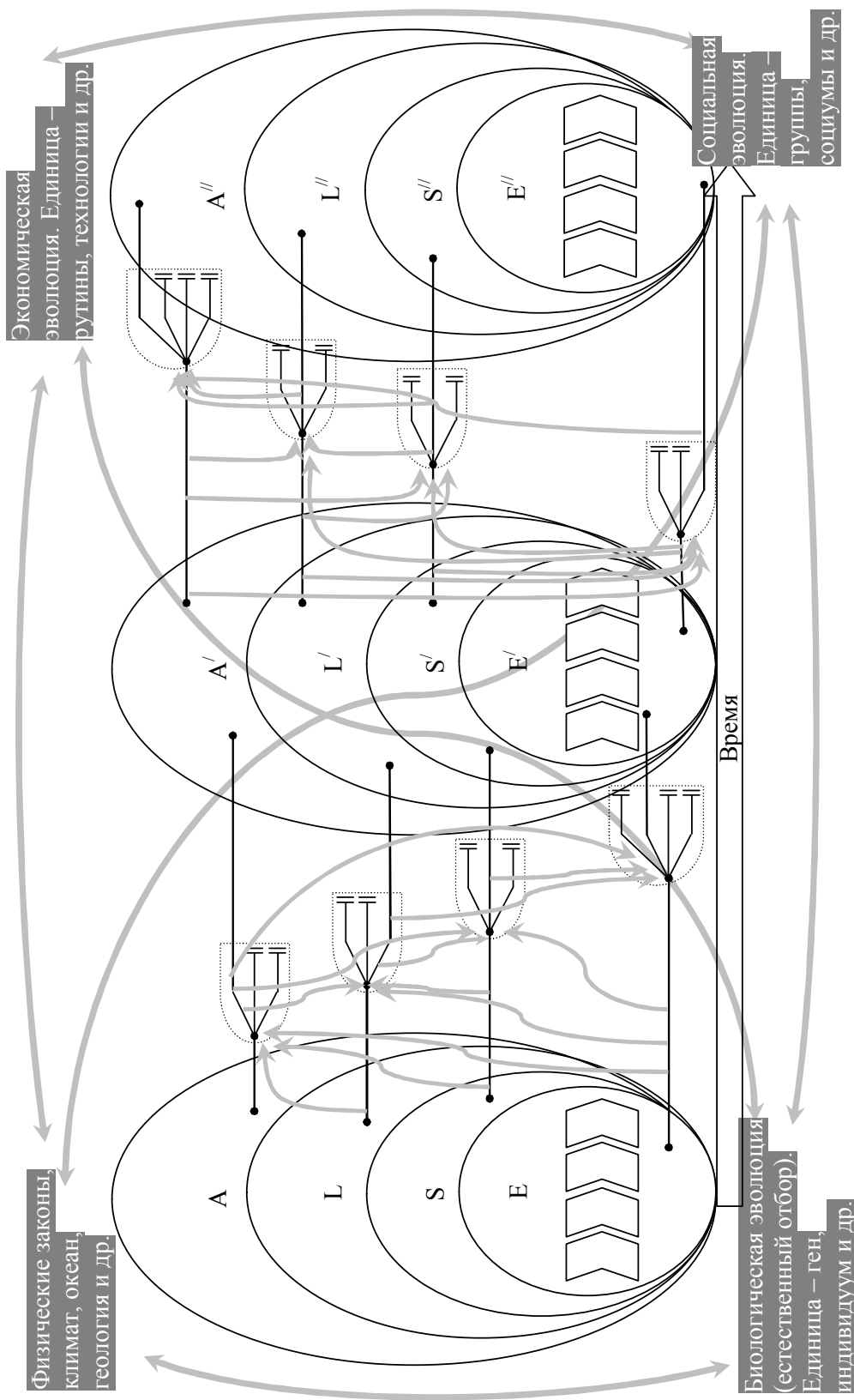


Рис. 2. Схематичное изображение процесса ко-эволюции на основе пространственного представления о связи между подсистемами Земли (без учета скорости эволюции каждой из подсистем)

ров эволюции ведут к сложно предсказуемым изменениям в дальнейшей траектории развития отдельных подсистем и системы в целом.

Значительное влияние на изменение траектории отдельной подсистемы оказывают не только собственные факторы эволюции, но и траектории эволюции других подсистем. Так, ко-эволюция экономической и экологической подсистем проявляется в том, что развитие производительных сил ведет к росту потребления ресурсов, изменению ландшафта местности, построению дамб, вырубке лесов и пр. Истощение ресурсов ведет к их удорожанию, появлению новых способов производства, основанных на более дешевых ресурсах (в данный момент исторического времени), и повторному повторению цикла. При этом данная деятельность приводит к нарушению экоравновесия (исчезновение видов, появление новых бактерий, микробов, растений или мутации уже существующих). В свою очередь, траектория развития отдельной подсистемы оказывает влияние на изменение траектории развития других подсистем.

Исходя из предложенного описания процесса ко-эволюции можно предложить следующее определение: сбалансированное развитие – это мутуалистическое (или комменсалистическое) взаимодействие между популяциями экономических субъектов, социальной, экологической и неживой подсистем, основанное на взаимном обеспечении условий процесса благоприятного изменения качественных характеристик этих подсистем, ведущего к необратимым изменениям в паттернах их поведения.

Для описания процессов совместного развития экономических и экологических систем предлагается использовать понятие «сбалансированность», а не «устойчивость». Это связано с тем, что устойчивость предполагает функционирование и противостояние различным воздействиям, а также возвращение системы в равновесное положение. Устойчивость является необходимым условием для любой инженерной системы. Тогда как отмечено ранее, для систем, включающих живые организмы, характерно неравновесие.

Так, функционирование экологической системы (и входящих в нее подсистем) описывается принципом устойчивого неравновесия Э.С. Бауэра, который определяет отличие живой материи от неживой¹. Следовательно, для экологической системы естественным является неустойчивость, вызванная процессами преобразования энергии. В то же время процесс эволюции предполагает необратимые изменения, тогда как устойчивость – возврат к прежнему состоянию. Поэтому для совместного развития живой и неживой природы наиболее подходящим является сбалансированность, а не устойчивость.

Одним из семантических ключей предложенного определения является популяция субъектов, которая предполагает территориальную привязку процесса сбалансированного развития. Эволюционные силы делятся на 2 группы: внутренние (гены, институты и пр.) и внешние (условия). В случае ко-эволюции к внешним силам относят также влияние других подсистем. Влияние последних изменяет условия функционирования эволюционирующей подсистемы. При этом влияние подсистемы «А» на подсистему «Б» усиливается под влиянием других подсистем на «А». Таким образом, при ко-эволюции внешние эволюционные силы начинают играть всё большую роль. Необходимо уравновесить, сбалансировать эти силы между собой, чтобы их влияние не имело первоочередного значения. Поэтому регулирование сбалансированного развития предполагает минимизацию влияния одних подсистем на условия развития другой подсистемы, ненарушение целостности процесса развития, а также сбалансированность (уравновешивание) внутренних и внешних сил эволюции.

Символьное описание процесса совместного взаимодействия подсистем на основе вольтерровских моделей имеет следующий вид:

¹ Данный принцип лежит в основе принципа оптимальности поведения maxT, который указывает на то, что цель поведения живой материи – «максимизация времени пребывания системы внутри области допустимых значений регулируемых переменных (первичных и вторичных потребностей)» [29, с. 43].

$$\frac{dN_i}{dt} = N_i \left(\varepsilon_i - \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} N_j \right), \quad (1)$$

где N_i – количество элементов i -й подсистемы;

N_j – количество элементов j -й подсистемы;

ε_i – скорость естественного изменения подсистемы в отсутствие влияния всех остальных подсистем.

Для ко-эволюции формула (1) примет вид:

$$\begin{cases} \frac{dA_i}{dt} = A_i (\varepsilon_i^A + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dL_j}{dt} = L_j (\varepsilon_j^L + \gamma^A A_i + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dS_q}{dt} = S_q (\varepsilon_q^S + \gamma^L L_j + \gamma^A A_i + \gamma^E E_k) \\ \frac{dE_k}{dt} = E_k (\varepsilon_k^E + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^A A_i) \end{cases} \quad (2)$$

$$\gamma^A, \gamma^L, \gamma^S, \gamma^E \in [0, +\infty],$$

где A_i, L_j, S_q, E_k – элементы биотической, экологической, социальной и экономической подсистем;

$\varepsilon_i^A, \varepsilon_j^L, \varepsilon_q^S, \varepsilon_k^E$ – скорость естественного изменения неживой, экологической, социальной и экономической подсистем соответственно в отсутствие влияния всех остальных подсистем;

$\gamma^A, \gamma^L, \gamma^S, \gamma^E$ – показатель интенсивности влияния подсистем друг на друга.

С учетом отмеченных выше особенностей процесса сбалансированного развития модель ко-эволюции примет вид:

$$\begin{cases} \frac{dA_i}{dt} = A_i (\varepsilon_i^A + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dL_j}{dt} = L_j (\varepsilon_j^L + \gamma^A A_i + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dS_q}{dt} = S_q (\varepsilon_q^S + \gamma^L L_j + \gamma^A A_i + \gamma^E E_k) \\ \frac{dE_k}{dt} = E_k (\varepsilon_k^E + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^A A_i) \end{cases} \quad (3)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (\gamma^A, \gamma^L, \gamma^S, \gamma^E) \rightarrow 0.$$

Выводы. Дальнейшее развитие человечества во многом зависит от способности найти компромисс между экономическим благополучием и ростом нагрузки на природную среду. Возможное решение данной задачи с помощью концепции сбалансированного развития сталкивается с рядом трудностей. Проведенное исследование показало, что для описания совместного развития экономических и экологических систем необходимо дополнить редуционный подход идеями холизма.

Особое значение приобретает концепция ко-эволюции, которая направлена на исследования совместного развития подсистем, входящих в одну систему. При этом ко-эволюция предполагает особый тип взаимодействия, при котором одна из подсистем влияет, но не определяет развитие другой подсистемы. Поведение второй подсистемы также влияет, но не определяет развитие первой подсистемы. Данный подход требует синтеза знаний из различных дисциплин, то есть междисциплинарный характер знаний, поскольку необходимо учесть особенности развития систем различной природы.

Предложенный механизм ко-эволюции позволяет описать особенности совместного развития таких систем, как биотическая, социальная, экологическая и экономическая. Движущей силой эволюции экономической системы выступают производительные силы и производственные отношения, а пространственный признак представлен цепочкой ценности. При этом обеспечение сбалансированного развития предполагает переход от взаимодействия между рассмотренными подсистемами по типу «хищник-жертва» на мутуалистический или комменсалистический симбиоз. Поскольку наиболее динамичным и деструктивным элементом является экономическая система, то процесс управления сбалансированным развитием следует направить на минимизацию негативного воздействия на развитие других систем, что возможно на основе инновационного подхода.

Литература

1. Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: historical and concep-

tual review // Sustainability and sustainable development. Elsevier Science Inc. – P. 493-520.

2. Mebratu, D. (1996). Sustainability as a Scientific Paradigm / Lund: International Institute for Industrial Environmental Economics.

3. Thompson, N. (2002). Coevolution // Pagel, M. (ed.). Encyclopedia of Evolution. Oxford University Press, Oxford.

4. Porter, T.B. (2006). Coevolution as a research framework for organizations and the natural environment // Organization & Environment. – P. 479-504.

5. Nelson, R., Winter, S. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. – Harvard University Press.

6. Hodgson, G. (2004). Darwinism, causality and the social sciences // Journal of Economic Methodology. 11 (2) pp. 175-194.

7. Witt, U. (2004). On the proper interpretation of evolution in economics and its implications for production theory // Journal of Economic Methodology. 11 (2) pp. 125-146.

8. Cordes, C. (2006). Darwinism in economics: from analogy to continuity // Journal of Evolutionary Economics. 16 pp. 529-541.

9. Глосарій зеленого бізнесу: українсько-німецько-російсько-англійський / В. Базилевич, Д. Вальтер, В. Хартманн та ін.; наук. ред.: В. Базилевич, Д. Вальтер. – К.: Знання, 2010. – 518 с. (Hlosariy zelenoho biznesu: ukrayins'ko-nimets'ko-rosiys'ko-anhliys'kyu / V. Bazylevych, D. Val'ter, V. Khartmann ta in.; nauk.red.: V. Bazylevych, D. Val'ter. – K.: Znannya, 2010. – 518 s.)

10. Guala, M., Norgaard, R. (2010). Bridging ecological and social systems coevolution: A review and proposal // Ecological economics. 69 pp. 707-717.

11. Norgaard, R. (1981). Sociosystem and ecosystem coevolution in the Amazon // Journal of Environmental Economics and Management. 8 (3) pp. 238-254.

12. Norgaard, R. (1984). Coevolutionary development potential // Land Economics. 60 (2) pp. 160-173.

13. Norgaard, R. (1984). Coevolutionary agricultural development // Economic Development and Cultural Change. 32 (3) pp. 525-546.

14. Norgaard, R. (1994). Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolu-

tionary Revisioning of the Future. Routledge, London.

15. Van den Bergh, J., Stagl, S. (2003). Coevolution of economic behaviour and institutions: towards a theory of institutional change // Journal of Evolutionary Economics. 13 pp. 289-317.

16. Stagl, S., (2007). Theoretical foundations of learning processes for sustainable development // International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 14 pp. 52-62.

17. Leonard-Barton, D. (1988). Implementation as Mutual Adaptation of Technology and Organisation. Research Policy. 17 pp. 251-267.

18. Nelson, R. (1994). The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions'. Industrial and Corporate Change. 3 pp. 47-63.

19. Rosenkopf, L., Tushman, M. (1994). The Coevolution of Technology and Organization' In: Baum, J., Singh, J. (Eds.), Evolutionary Dynamics of Organizations, Oxford University Press, Oxford. – P. 403-424.

20. Rip, A. and Kemp, R. (1998). Technological Change, In: S. Rayner and Malone, E.L. (eds), Human Choice and Climate Change, Columbus, Ohio: Battelle Press. Vol. 2. – P. 327-399.

21. Kemp, R., Soete L. (1992). The Greening of Technological Progress: An Evolutionary Perspective', Futures. 24(5) pp. 437-457.

22. Gowdy, J., (1994). Coevolutionary Economics: The Economy, Society and the Environment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

23. Kemp, R., Rotmans J. (2005). The management of the co-evolution of technical, environmental and social systems, In.: M. Weber and J. Hemmelskamp (eds.) Towards Environmental Innovation Systems, Springer Verlag. – P. 33-55.

24. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 741 с. (Odum Yu. Osnovy ehkologyy. – M.: Myr, 1975. – 741 s.)

25. Gavrilov L.A., Gavrilova N.S. (1991). The Biology of Life Span: A Quantitative Approach. Harwood Academic Publishers, New York

26. Туныця Ю.Ю. Экологизация экономики: теоретико-методологический аспект / Ю.Ю. Туныця, Э.П. Семенюк, Т.Ю. Туныця // Экономическая теория. – 2011. – №2. – С. 5-15. (Tunycja Ju.Ju. Jekologizacija jekonomiki: teoretiko-metodologicheskij aspekt / Ju.Ju. Tunycja, Je.P. Semenjuk, T.Ju. Tunycja // Jekonomicheskaja teorija. – 2011. – №2. – S. 5-15.)

27. Porter, M. (1998) On competition. Boston: Harvard Business School.

28. Захарченко В.И. Инновационное развитие в Украине: наука, технология, практика: моногр. / В.И. Захарченко, Н.Н. Меркулов, Л.В. Ширяева. – Одесса: Печатный дом, Фаворит, 2011. – 598 с. (Zaharchenko V.I. Innovacionnoe razvitie v Ukraine: nauka, tehnologija, praktika: monogr. / V.I. Zaharchenko, N.N. Merkulov, L.V. Shirjaeva. – Odessa: Pечатnyj dom, Favorit. – 2011. – 598 s.)

29. Шамис А.Л. Модели поведения, восприятия и мышления / А.Л. Шамис. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 230 с. (Shamis A.L. Modeli povedenija, vosprijatija i myshlenija / A.L. Shamis. – М.: Internet-universitet informacionnyh tehnologij; BINOM. Laboratorija znanij, 2010. – 230 s.)

References

1. Mebratu, D. (1998) 'Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review'. Sustainability and sustainable development. Elsevier Science Inc. – P. 493-520.

2. Mebratu, D. (1996) Sustainability as a Scientific Paradigm. Lund: International Institute for Industrial Environmental Economics.

3. Thompson, N., Pagel, M. (ed.). (2002) 'Coevolution'. Encyclopedia of Evolution. Oxford University Press, Oxford.

4. Porter, T.B. (2006) 'Coevolution as a research framework for organizations and the natural environment'. Organization & Environment. – pp. 479-504.

5. Nelson, R., Winter, S. (1982) 'An Evolutionary Theory of Economic Change'. Harvard University Press.

6. Hodgson, G. (2004) 'Darwinism, causality and the social sciences'. Journal of Economic Methodology. 11 (2) pp. 175-194.

7. Witt, U. (2004) 'On the proper interpretation of evolution in economics and its implications for production theory'. Journal of Economic Methodology. 11 (2) pp. 125-146.

8. Cordes, C. (2006) 'Darwinism in economics: from analogy to continuity'. Journal of Evolutionary Economics. 16 pp. 529-541.

9. Bazylevych, V., Val'ter, D., Khartmann, V. (2010) Hlosarij zelenoho biznesu: ukrayins'ko-nimets'ko-rosijs'ko-anhlijs'kyy. Kyiv: Znannya.

10. Guala, M., Norgaard, R. (2010). 'Bridging ecological and social systems coevolution: A review and proposal'. Ecological economics. 69 pp. 707-717.

11. Norgaard, R. (1981). 'Sociosystem and ecosystem coevolution in the Amazon'. Journal of Environmental Economics and Management. 8 (3) pp. 238-254.

12. Norgaard, R. (1984) 'Coevolutionary development potential'. Land Economics. 60 (2) pp. 160-173.

13. Norgaard, R. (1984) 'Coevolutionary agricultural development'. Economic Development and Cultural Change. 32 (3) pp. 525-546.

14. Norgaard, R. (1994) Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future. Routledge. London.

15. Van den Bergh, J., Stagl, S. (2003) 'Coevolution of economic behaviour and institutions: towards a theory of institutional change'. Journal of Evolutionary Economics. 13 pp. 289-317.

16. Stagl, S., (2007) 'Theoretical foundations of learning processes for sustainable development'. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 14 pp. 52-62.

17. Leonard-Barton, D. (1988) 'Implementation as Mutual Adaptation of Technology and Organisation'. Research Policy. 17 pp. 251-267.

18. Nelson, R. (1994) 'The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions'. Industrial and Corporate Change. 3 pp. 47-63.

19. Rosenkopf, L., Tushman, M. (1994) The Coevolution of Technology and Organization' In: Baum, J., Singh, J. (Eds.) Evolutionary

Dynamics of Organizations. Oxford University Press, Oxford. pp. 403-424.

20. Rip, A. and Kemp, R. (1998) Technological Change, In: S., Rayner and Malone, E.,L. (eds). Human Choice and Climate Change, Columbus, Ohio: Battelle Press. 2. pp. 327-399.

21. Kemp, R., Soete L. (1992) The Greening of Technological Progress: An Evolutionary Perspective'. Futures. 24(5). pp. 437-457.

22. Gowdy, J., (1994) Coevolutionary Economics: The Economy, Society and the Environment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

23. Kemp, R., Rotmans J. (2005). 'The management of the co-evolution of technical, environmental and social systems'. In.: M., Weber and J., Hemmelskamp (eds.) Towards Environmental Innovation Systems. Springer Verlag. pp. 33-55.

24. Odum, Yu. (1975) Osnovy ehkologyy. Moscow: Myr.

25. Gavrilov, L.,A., Gavrilova, N.,S. (1991) The Biology of Life Span: A Quantitative Approach. Harwood Academic Publishers, New York.

26. Tunycja, Ju.,Ju.,Semenjuk, Je.,P. Tunycja, T.,Ju (2011) 'Jekologizacija jekonomiki: teoretiko-metodologicheskij aspekt'. Ekonomicheskaja teorija. 2. pp. 5-15.

27. Porter, M. (1998) On competition. Boston: Harvard Business School.

28. Zaharchenko, V.,I., Merkulov,N.,N., Shirjaeva,L.,V. (2011) Innovacionnoe razvitie v Ukraine: nauka, tehnologija, praktika. Ukraine:Odessa: Pечатnyj dom, Favorit.

29. Shamis, A.,L. (2010) Modeli povedenija, vosprijatija i myshlenija. Moscow: Internet-universitet informacionnyh tehnologij; BINOM. Laboratorija znanij.

Представлена в редакцию 22.02.2012 г.