

# МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ЦИКЛОВ

Анна Коломыцева  
к.э.н., доц.  
anniris21@rambler.ru

*Доцент кафедры экономической кибернетики, ГВУЗ Донецкий национальный технический университет, служ. адрес: 83001 Украина, г. Донецк ул. Артема, 58;  
дом. адрес.: Украина, 86151 Донецкая область г. Макеевка, м-н. Солнечный д. 31, кв. 123.*

*В статье рассмотрены теоретические и прикладные аспекты применения метода системной динамики для изучения характера развития социо-эколого-экономических систем. Предложен на схемном уровне механизм реализации имитационного алгоритма моделирования предусматривающий процедуру пошагового процесса моделирования уровня развития на основе получения прогнозных параметров, а так же возможность интерактивного регулирования характера влияния коротких, умеренных и длинных инновационных циклов, разделение которых обусловлено особенностями реализации и инвестиционного обеспечения внедрения экологических инноваций.*

*Ключевые слова: устойчивое развитие, инновационная устойчивость, системная динамика, развитие систем, инновационные циклы.*

## **Введение**

Объективные социально-экологические ограничения техногенного развития экономики, развивающийся природохозяйственный кризис, предопределяют потребность отказа от сложившихся представлений и парадигм человечества, пересмотра традиционных экстенсивных и ресурсозатратных ориентиров общественного развития и реформирования современной природо- хозяйственной практики в соответствии с принципами устойчивого экологически безопасного социально-экономического прогресса.

## **1. Устойчивое развитие социо-эколого-экономических систем и циклический характер экономики**

### ***1.1 Устойчивое развитие экономических систем и экологическая безопасность социальных.***

Экологически безопасное и устойчивое развитие, согласно научным представлениям автора, предполагает создание условий для социального и экономического развития общества, ориентированного на сохранение и воспроизводство природно-ресурсного потенциала, реализацию идеи разумной достаточности в процессе потребления естественных благ, достижение гармонии между человеческим сообществом и средой

обитания, основанной на экологически оптимальных ограничениях техногенеза. Отдельным вектором в истории развития подходов к экономической устойчивости, на наш взгляд, является концепция устойчивого развития. Эта концепция была предложена в 1987 году группой ученых и специалистов под руководством Г.-Х. Брундтланд, утверждена в качестве статусной стратегии мирового развития Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 3—14 июня 1992 года) и включает в себя, в первую очередь, стратегию перехода общества к состоянию его коэволюции с биосферой. Принятие концепции устойчивого развития на столь высоком уровне обусловлено стремлением человечества сохранить цивилизацию и условия ее дальнейшего безопасного развития для бесконечной череды будущих поколений. Экономический смысл концепции устойчивости развития заложен теорией максимального потока совокупного дохода Хикса — Линдаля, который может быть произведен при условии, по крайней мере, сохранения совокупного капитала, с помощью которого и производится этот доход. Соответственно, концепция предполагает оптимальное использование ограниченных ресурсов за счет применения ресурсосберегающих (экологических) технологий, в первую очередь, в добыче и переработке сырья и производство экологически приемлемой

продукции при минимизации, переработке и уничтожении отходов производства и потребления. Стоит отметить, что концепция устойчивого развития предполагает стремление к оптимальному соотношению в терминах «потребление-сбережение». Но в современном мире практически нет способа четко разграничить (т. е. до возможности статистического наблюдения) эти направления доходов. Очевидно, требуется вести речь в другой терминологии, попытки чего и наблюдаются при введении категории «капитала более высокого уровня» и т. п.

В последнее время ведутся достаточно активные научные исследования по проблеме устойчивого развития. Появились новые монографии, коллективные сборники, статьи в этой области исследований, среди которых работы известных российских ученых В. Д. Андрианова, А. Л. Боброва, С. Н. Бобылева, А. Б. Вебера, Н. Ф. Глазовского, В. И. Данилова-Данильяна, а также украинских ученых И.А. Александрова, Л.Г. Мельника, С.Н. Ильяшенко, Е.В. Хлобыстова. С точки зрения анализа и условий применимости теории устойчивости систем к влиянию инноваций, в том числе и экологических, на мой взгляд, главное в концепции устойчивого развития — это то, что впервые были связаны термины «устойчивость» и «развитие», причем были использованы совместно, а не в противопоставлении друг другу. Другими словами, была, наконец, прервана традиционная (и довольно примитивная) логическая цепь: устойчивость суть неизменность суть противоположность изменениям, которые суть необходимое условие развития. Концепция устойчивого развития акцентировала внимание на динамическом, нелинейном характере отношений этих терминов, и то важное, что она привнесла в формирование теории инновационного развития и устойчивости под влиянием инновационных циклов, заключается в следующем:

- *устойчивость приобрела выраженный стратегический характер* как необходимое условие долгосрочного инновационного развития экономических систем;

- *инновационная устойчивость* в данном смысле требует создания и поддержания определенных резервов, позволяя использовать в текущем периоде только часть, но далеко не все потенциальные ресурсы системы, несмотря на достигнутую в результате научно-технического прогресса эффективность их использования; действительно, и далее будет продолжаться прогресс, и эффективность будет расти, следовательно, необходимо по

возможности максимально сохранить ресурсы, эффективность освоения которых в будущем будет как минимум не ниже текущей; тем самым впервые эффективность инноваций и устойчивость развития обнаружили себя как две противоречивые стороны одного процесса — процесса инновационного развития системы, два его фактора;

- *долговременная устойчивость* экономической системы формируется, опираясь как исключительно на собственные ресурсы, т.е. за счет самоподдержания системы, так и на постоянное использование ресурсов из внешних источников – инноваций.

Разнообразие взглядов среди специалистов [1-3] на устойчивое развитие сформировало разные мнения о возможности удовлетворения экономических потребностей общества, за счет непрерывно поддерживаемого экономического роста и об экологических пределах биосферы. Однако, несмотря на совершенствование производственных технологий и более строгую природоохранную политику, масштаб использования природных ресурсов, в том числе энергетических, уровень загрязнений уже превысил пороги устойчивости, что экологический предел для биосферы уже достигнут, ассимиляционная емкость планеты заполнена. В то же время существует точка зрения трактующая экологические пороги как условные, расширяемые и границы их проявляются в виде превышения необходимых ресурсов над обеспеченными, а не как отражение деградации качества окружающей среды, что в ряде случаев пределы можно отодвинуть в пространственно-временном аспекте, заменяя ресурсы и/или создавая энерго-, ресурсосберегающие и природоохранные технологии, т.е. решение проблемы определяют темпы разработки и внедрения экологических инноваций.

### ***1.2 Экологизация экономики и влияние инноваций на циклический характер развития***

Инновационное развитие экономики в условиях Научное понимание сути современного экологического вызова приводит к утверждению о необходимости помимо создания и продвижения экономических механизмов, обеспечивающих инновационную экологизацию производства и потребления, воспроизводство биоразнообразия, также формирование и продвижение системы ценностей людей, где экологические ценности станут приоритетными и во многом определяют понятие качества жизни. Такая трактовка проблемы позволяет предложить комплекс экономических,

социальных и экологических параметров, коррелированный с содержанием качества жизни в концепции устойчивого развития, а так же методику определения их взаимодействия в рамках региональных социо-эколого-экономических подсистем.

Такая система ценностей предполагает возможность эволюционного достижения экологических порогов и может быть определена как критерий ценностных регуляций хозяйственной деятельности, учитывающий экономические, социальные и экологические требования, во-первых, при оценке общественного благосостояния на территории, во-вторых, при формировании необходимого комплекса неотложных природохозяйственных мер на основе экологических инноваций.

## **2. Системная динамика как метод изучения устойчивости социо-эколого-экономических систем в условиях влияния инновационных циклов развития экономики**

### **2.1 Принципы и методика построения системно-динамических моделей**

Смена классического подхода к изучению процессов развития систем, характеризуемого механистическими взглядами, на неоклассический подход, основанный на понимании нелинейности, стохастичности и высокой степени динамизма развития предопределила новый виток в изучении свойств устойчивости систем различной природы. Четко зафиксированные особенности относительно характеристик открытых систем, а именно условия обмена информацией и способность адаптироваться к реальным и изменяющимся условиям в рамках эволюции теории развития систем обязательно должны быть дополнены соответствующими методическими разработками и теориями, которые бы более адекватно оценивали степень влияния инновационного фактора на сохранение устойчивости и характеристики развития систем.

Высказанное выше предположение согласуется с увеличением роли учёта динамики

при разработке данного инструментария на основе моделировании поведения систем. Углубление прогнозов значительно усложняет модели учёта динамики. Вот почему исследование динамики экономических систем – сложная наука. Она осветляет принципы моделирования экономических процессов, линейные динамические модели, равновесие и неравновесие, стойкость динамических моделей экономики, нелинейные динамические модели, неопределённость и риски экономических объектов, стохастические модели, модели экономических изменений и их анализ.

В отличие от задач динамического моделирования и прогнозирования цель имитационного состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами. Имитационные модели позволяют воспроизводить реальные процессы и предвидеть результаты различного рода взаимодействий. Анализируя эволюцию научной мысли относительно моделей устойчивого развития систем нельзя не остановиться на системно-динамическом подходе Дж. Форрестера [4] согласно которому моделируемый объект отображается в виде динамической системы, состоящей из накопителей, связанных между собой управляемыми потоками. Количественно каждый накопитель описывается **уровнем** его содержимого, а каждый поток – темпом (скоростью) перемещения. Темпы перемещения вычисляются на основе информации об уровнях содержимого резервуаров. Таким образом, моделируемый объект представляется в виде информационной системы с обратной связью. Современные прикладные пакеты имитационного моделирования позволяют получать очень точные численные результаты моделирования при значительно детализированных и объемных показателях. Вот почему в теории прогнозирования поведения сложных систем, и анализа их устойчивости данный подход в последнее время получил очень широкое применение.

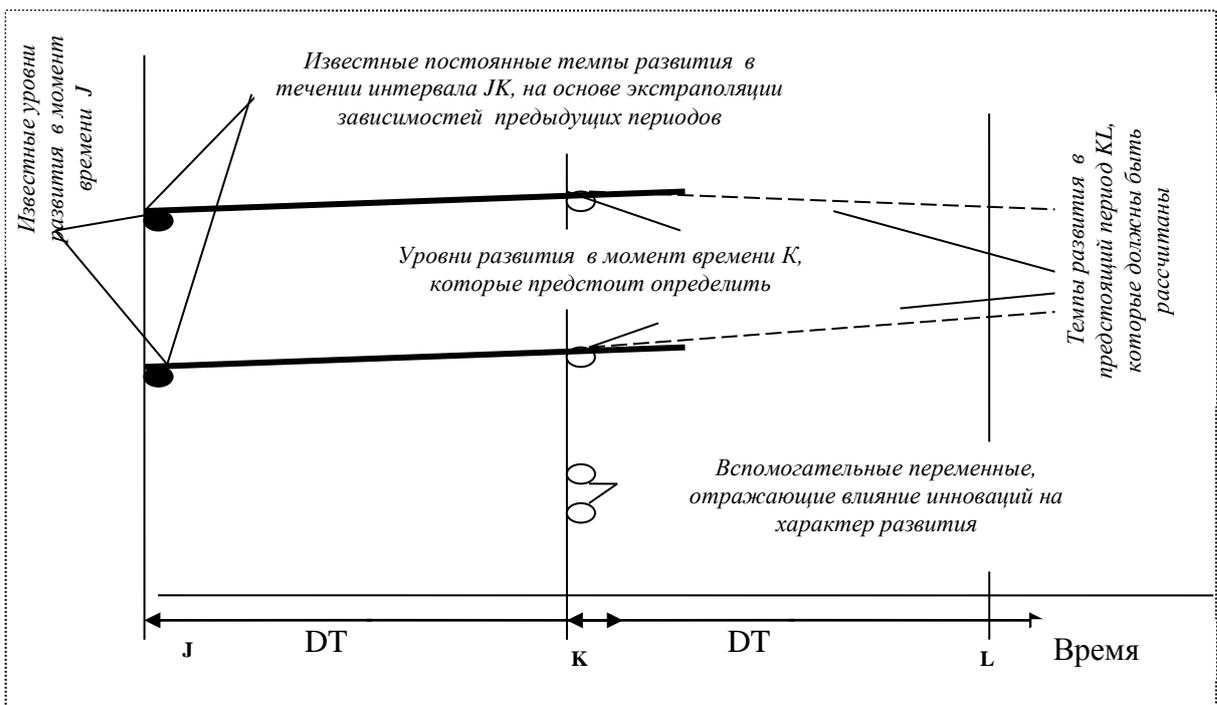


Рис. 1. Структура системно- динамической модели развития для момента времени  $K$

Таким образом, модель системной динамики в математическом смысле представляет собой систему конечно-разностных уравнений, решаемую на основе численного алгоритма интегрирования по схеме Эйлера или Рунге-Кутты с заданными начальными значениями уровней. [5].

Структура модели (уровни, темпы, потоки, константы), описанная выше, соответствует простой системе уравнений, достаточной для описания информационных систем с обратной связью. Эти уравнения показывают, каким образом можно определить условия в системе в очередной момент времени, если известны условия для предшествующего момента. В результате вычислений получается система последовательных решений, равномерно распределенных во времени.

Для каждого момента времени может существовать специфическая последовательность вычислений, определяемая характером системы уравнений. Данная последовательность показана на рис. 1, где по оси абсцисс отложено время. Это время разделено на небольшие интервалы равной длины  $DT$ . Интервалы времени должны быть достаточно короткими, чтобы можно было принять допущение о постоянстве темпа потока на протяжении интервала, получив при этом удовлетворительное приближение к непрерывно изменяющимся темпам реальной системы. Это означает, что на решения, принятые в начальной

точке интервала, не будут влиять изменения, происходящие в течение того же интервала. Новые значения уровней рассчитываются на конец интервала, и по ним определяются новые темпы (решения) для следующего интервала.

Так же последовательным моментам времени даны обозначения  $J$ ,  $K$  и  $L$ . Момент  $K$  используется для обозначения «данного момента времени». Интервал  $JK$  только что истек, и информация о нем, как о предыдущих периодах, может быть использована при решении уравнений. Информация об уровнях и темпах в последующее время вообще недоступна при решении уравнений в настоящий момент времени  $K$ .

Для целей численного решения основные уравнения модели разделены на две группы: группу уравнений уровней и группу уравнений темпов. При рассмотрении какого-либо интервала времени в первую очередь решаются уравнения уровней, а затем полученные результаты используются в уравнениях темпов.

Уравнения должны решаться для моментов времени, разделенных интервалом  $DT$ . Уравнения относятся каждый раз к условным моментам времени  $J$ ,  $K$  и  $L$ , причем произвольно принимается, что  $K$  представляет «настоящий» момент времени. Другими словами, принимается допущение, что в процессе решения достигнут момент времени  $K$ , но пока еще не решено ни уравнение уровней в момент  $K$ , ни уравнение темпов в интервале  $KL$ .

Уравнения уровней показывают, каким образом можно определить уровни в момент  $K_j$ , основываясь на знании уровней в момент  $j$  и темпов на протяжении интервала JK. В момент времени K, когда решаются уравнения уровней, вся необходимая информация может быть получена и получается из предшествующего интервала времени. Уравнения темпов решаются в настоящий момент времени K после того, как решены уравнения уровней. Поэтому значения уровней в настоящий момент K могут служить вводами для уравнений темпов. Величины, определяемый из уравнений темпов (решений), относятся к темпам потоков, на которые необходимо воздействовать в течение предстоящего интервала KL.

После определения уровней в момент K и темпов для интервала KL время «индексируется». Положения точек J, K и L на рис. 1 сдвигаются на один интервал времени вправо. Уровни, только что вычисленные для момента времени K, считаются теперь уровнями в момент J. Темпы для интервала KL становятся темпами для интервала JK. «Настоящий момент времени» K сдвигается на один интервал времени продолжительностью DT. Всю последовательность вычислений можно теперь повторить для определения нового состояния системы в момент времени более поздний, чем для предшествующего состояния, на величину DT.

Описанный выше метод имитационного моделирования основан на использовании алгоритмических (имитационных) моделей, реализуемых с использованием современных прикладных пакетов и программного обеспечения, для исследования процесса функционирования сложных систем.

Для реализации метода необходимо разработать специальный моделирующий алгоритм. В соответствии с этим алгоритмом в результате осуществления имитационного эксперимента на основе использования прикладного программного обеспечения вырабатывается информация, описывающая элементарные процессы исследуемой системы с учетом взаимосвязей и взаимных влияний. При этом моделирующий алгоритм строится в соответствии с логической структурой системы с сохранением последовательности происходящих в ней процессов и отображением основных состояний системы.

## **2.2 Анализ устойчивости развития социо-эколого-экономических систем по результатам имитационного моделирования**

Описанная выше процедура моделирования предполагающая применение системно-динамического подхода в анализе характера устойчивого развития оправдана еще и потому, что применение статических и достаточно упрощенных методов и моделей в современных экономических условиях является совершенно неоправданной и нецелесообразной процедурой. Как правило, объединяя воедино результаты моделирования, которого сводятся к получению прогнозных оценок результатов функционирования социо-эколого-экономических систем, а так же получение характеристик цикличного развития прогнозируемых параметров позволит комплексно подойти к полученным оценкам. Это дает возможность ответить одновременно на вопросы – «какой характер развития мы получаем?», и «каким образом влияние инноваций, может оказывать влияние на изменение параметров устойчивости системы?».

На рисунке 2 в качестве авторской разработки приведена схема реализации программного алгоритма моделирования устойчивого развития социо-эколого-экономических систем. В основу предложенного механизма положены методы системной динамики, а так же идеи связанные с применением результата моделирования – прогнозных параметров развития исследуемых систем при условии влияния инновационных циклических процессов. Согласно высказанным ранее предположениям *предложено выделять три характера цикличности, длинные, умеренные и короткие циклы*, разделение которых, прежде всего, обусловлено видом экологических инноваций, которые являются условием достижения устойчивой траектории развития социо-эколого-экономических систем [6]. Маркетинговые экологические инновации, как средство повышения потребительских свойств товара составляют короткие циклы согласно теории жизненного цикла товара и условиям развития рынка. Долгосрочные экологические проекты, реализация которых, связана с длительным этапом восстановления ассимиляционных свойств экосистем относятся к длинным инновационным циклам. И наконец, те из выше представленных, которые в силу инвестиционного обеспечения или влияния НТП не попадают под характеристики «коротких» и «длинных» циклов будут относиться к

умеренным, чье изменение и влияние также последующему анализу. поддается комплексному прогнозированию и



Рис. 2 Системно-динамическое моделирование устойчивого развития социо-эколого-экономических систем

**Выводы.** Основываясь на высказанных ранее предположениях, а так же на широко применяемых методах управления развитием экономических и социальных систем можно с уверенностью констатировать своевременность и необходимость применения предложенного механизма управления устойчивым развитием анализируемых социо-эколого-экономических систем. Применение системно-динамического моделирования в рамках данной проблемы позволяет выявить скрытые и неявные причины снижения устойчивости систем, а так же закрепляет за фактором инновационной активности главенствующую роль регулятора развития и основного условия сохранения устойчивости.

#### Литература:

- 1 Москаленко, А.П. Социальный и эколого-экономические механизмы принятия инвестиционных решений в природопользовании [Текст]: монография. - Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ). - 2004. - 313 с.
2. Алабугин А.А. Инструментарий формирования механизма адаптации и устойчивого развития предприятий: методология и теория : монография /

А.А. Алабугин. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. – Кн. 1. – 324 с.

3. Безденежных В. М. Синергетический подход к оценке устойчивости сложных экономических систем / В. М. Безденежных.- М.: Полиграф, 2006.

4. Форрестер Дж. Индустриальная динамика. – М.: «Прогресс», 1971. – 340 с.

5. Богатов О. И., Лысенко Ю. Г., Петренко В. Л., Скобелев В. Г. Рейтинговое управление экономическими системами. — Донецк: Юго-Восток, 1999.—110 с., с. 69

6. Сарыгулов А.И., Акаев А.А., Соколов В.Н. Экономические циклы и моделирование развития локальных цивилизаций. Тезисы докладов. Санкт-Петербургский научный форум «Наука и общество – экономика и социология XXI века. V Петербургская встреча лауреатов Нобелевской премии». Октябрь 2010 г. – СПб.: СПбГПУ. 2010. С. 145-152.

