

## **СИСТЕМНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БИОСФЕРНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ<sup>1</sup>**

**А. Ю. Даванков, Е. А. Постников, А. В. Кочеров, А. В. Мальнова**

*В статье рассматриваются вопросы экономической теории, связанные с процессом обеспечения жизнедеятельности человечества путем изъятия и преобразования вещественного энергетического потенциала биосферы в продукт, удовлетворяющий материальные потребности человека. В настоящее время превышен допустимый порог этого изъятия, что ведет человечество к катастрофическим последствиям.*

*Авторами рассматриваются существующие эколого-экономические теории системного взаимодействия природных и искусственных техногенных процессов, учет которых позволит в соответствии с объективными природными возможностями обеспечивать безопасную жизнедеятельность. Основным методическим принципом использования этих объективных возможностей на уровне локальной социо-эколого-экономической системы уделено основное внимание исследования.*

*Рассматриваемые теоретические подходы позволяют сформировать модель управления социо-эколого-экономической системой, включающего в себя: анализ иерархического взаимодействия биосферных и локальных техногенных процессов с учетом параметров природного потенциала территорий, а также организацию мониторинга искусственных, естественных и энергетических потоков.*

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 16-06-00299 «Формирование модели управления хозяйственной деятельностью, обеспечивающей состояние социо-эколого-экономической среды региона в границах устойчивости биосферы».

**Ключевые слова:** социо-эколого-экономическая система, окружающая среда, биосфера, управление, взаимодействие, техногенный процесс, схема, модель, самоорганизация, биота

Экология и экономика тесно взаимосвязаны, и не только своим происхождением от одного греческого корня. «Экология, — по определению Э. Геккеля (1866 г.), — познание экономики природы...». Экология в узком смысле — это область биологии, которая занимается изучением взаимоотношений между организмами и окружающей их средой. В более широком значении слова — это точка зрения, осознанное убеждение, согласно которому в конечном счете все находится во взаимосвязи. Действия вызывают реакцию, а реакция создает условие для всех будущих действий. «Теперь уже ясно, — пишет известный американский эколог Б. Коммонер, — что проблемы кризиса окружающей среды являются ни переходящей модой на новый стиль жизни, ни средством отвлечения внимания от основных экономических, социальных и политических конфликтов. Наоборот, проблемы окружающей среды помогли проникнуть в самую суть тех проблем, которые больше всего беспокоят современный мир. Здесь интересы специалиста по окружающей среде, и так уже охватывающие целый ряд наук, добираются до сфер экономики. Сама ситуация вынуждает экономиста и эколога рискнуть перейти границы, разделяющие их дисциплины. Но это не предполагает того, чтобы эколог переделывал экономику, а экономист пересматривал знания об окружающей среде. Каждый должен полагаться на знания другого и искать в них то, что может связать проблемы экологии с социальными и экономическими процессами» [12].

Перед наукой возникла проблема: фактически природа Земли изменилась, а физические понятия остались без изменения. Законы были и до человека, но нельзя представлять дело так, что человек живет в одном мире, а описывает законы какого-то другого, так сказать, внечеловеческого мира. Нет двух миров, есть один, законы которого воспроизводят возможность существования в нем человека, изменяющего его по этим законам [1].

Теперь нельзя, не изменив логики и методологии, перейти от описания физических связей к описанию связей природы и человека.

#### **Глобальные процессы регулирования окружающей среды для условий жизни**

В.Г. Горшков с соавторами, исследуя вопросы энергетики и устойчивости окружающей среды, вводят понятия «биота», «окру-

жающая среда» и «биосфера» [2, 3, 4]. Термин «биота» вводится для объединения двух понятий — фауны и флоры; под окружающей средой понимают вещества и организмы биоты, с которыми взаимодействует каждый конкретный живой организм, а под биосферой — биоту и окружающую ее среду в глобальных масштабах. В биосферу включается также и внешняя среда (например, верхние слои атмосферы), в которой нет живых организмов, но которая интенсивно перемешивается с окружающей средой.

Окружающая среда характеризуется концентрациями веществ, потребляемых и синтезируемых биотой: кислорода, углекислого газа, соединений азота, фосфора и других элементов, а также органических веществ. Концентрации этих соединений в окружающей среде, называемых биогенами, формируется биотой и поддерживаются ею на оптимальном для жизни уровне. Благодаря биологическому регулированию достигаются приемлемые для жизни значения таких характеристик окружающей среды, как температура, спектральный состав солнечного излучения у поверхности Земли, режим осадков и т. п.

Воздействие биоты на окружающую среду сводится к синтезу и разложению органических веществ и, соответственно, к изменению соотношения между запасами органических и неорганических компонентов в биосфере. Так как в органических веществах соотношение химических элементов относительно постоянно, то продукцию (определяющую скорость синтеза) и деструкцию (характеризуемую скоростью разложения) измеряют чаще всего по углероду — самому распространенному элементу в живой природе.

Скорость поглощения углерода биотой (при малых относительных возмущениях окружающей среды) пропорциональна приросту его концентрации в окружающей среде по отношению к невозмущенному состоянию. Так было до начала XX столетия. Биота суши была слабо возмущена и эффективно компенсировала все воздействия человека на биосферу, так что проблемы загрязнения окружающей среды не возникало.

С начала XX столетия вследствие возмущения биоты суши человеком она перестала полностью поглощать углерод из атмосферы, наоборот, начала вбрасывать его, увеличивая, а не уменьшая его объем, как это было миллионы

лет биологической жизни планеты. Это означает, что структура естественной биоты суши оказалась нарушенной в глобальных масштабах. Учитывая, что вся хозяйственная деятельность человека направлена на преобразование биосферы, можно оценить порог техногенного воздействия, с которого биота и окружающая среда теряют устойчивость. В доиндустриальную эпоху площади эксплуатируемых земель составляли менее 5 % территории суши, на которых человек использовал не более 20 % продукции биоты. В результате общая антропогенная доля потребления продукции биосферы не превышала 1 %, сейчас она почти на порядок больше.

Как же функционирует естественная биота и как достигается контроль за изменением синтеза и разложения органических веществ в биосфере? Функционирование жизни на любых уровнях определяется конкурентным взаимодействием автономных, не организованных между собой особей. Это тот же принцип, который лежит в основе рыночных отношений. Точность, с которой фиксируются цены на свободном рынке, очень высока, никакие расчеты не могут ее достичь и заменить собой рынок. Отказ от свободного рынка приводит к потере точности и росту непроизводительных расходов. Рынок не придуман человеком, он существует потому, что в его основе лежат действия живых людей — членов человеческой популяции. Современные рынки — лишь приспособление основных принципов жизни к существующей культуре и цивилизации человечества. Но похожие процессы всегда происходили в биосфере [8].

Основой регулирующего потенциала биоты является биоразнообразие. Взаимодействие биологических видов, живых существ позволяет биоте сохранять собственную устойчивость и поддерживать устойчивость окружающей среды, адекватно реагировать на разнообразные внешние воздействия. В каждый конкретный момент, при каждом наборе внешних условий биоразнообразие могло бы показаться избыточным, но в следующий момент, стоит только произойти каким-либо изменениям, биота извлекает из своего резерва именно те возможности, которые наиболее эффективны для компенсации внешних изменений. Благодаря этому постоянно поддерживается динамическое равновесие различных биологических видов во взаимодействии друг с другом и биоты с окружающей средой [7]. Заметим, что У. Росс Эшби [22] сформулировал закон необходимого разнообразия в номенклатуре

выпускаемой продукции, согласно которому воздействие внешней среды может быть уничтожено разнообразным действием предприятия. Следовательно, наблюдается тождество биологических и экономических законов.

Сложность отдельных организмов и видовое разнообразие сообщества служат единственной цели — поддерживать его конкурентные преимущества. Подобно любому организму сообщество имеет конечные размеры и распадается со временем, теряя способность поддерживать стабильные условия окружающей среды с высокой точностью. Это приводит к утрате конкурентоспособности и его вытеснению непрерывно образующимися новыми сообществами. Все известные способы стабилизации уровня организации особей основаны на конкурентном взаимодействии в рамках их популяций.

Направление эволюции определяется ростом жизнеспособности и вытеснением предшествующих (менее конкурентоспособных) форм жизни. Законы эволюции заставляли живые системы постоянно стремиться к более эффективному использованию внешней энергии: переходить к кислородному дыханию, к активному поиску пищи и т. д. И те, кто добивался этого, получали дополнительные и весьма значительные шансы в межвидовой конкуренции. Но, с другой стороны, чем сложнее система, чем больше у нее параметров, тем больше она подвержена случайностям, тем больше у нее поводов неверно «просчитать приоритеты», ошибиться. Или же оказаться в точке бифуркации. А бифуркация — это не только «шаг в светлое будущее», но и огромный риск вообще «выйти из игры» [16].

Таким образом, анализ глобальных биосферных процессов позволяет сделать вывод, что сложные социо-эколого-экономические системы имеют ряд системных закономерностей, общих с природными системами, для которых эволюционное развитие характеризуется периодами роста, нормальной жизнедеятельности и спада. Цикличное развитие связано с изменением жизнеспособности, которая обеспечивается наличием у системы ряда свойств, в том числе устойчивости. Это дает возможность с позиции жизнеспособности рассматривать процессы развития территориальной системы в целом, изучать не только внутренние проблемы ее подсистем (экономической, экологической и социальной), но и межподсистемные, возникающие от их взаимодействия. Во взаимосвязи этих подсистем появляются новые проблемы, которые не были

бы выявлены при дифференцированном изучении территории [6].

### **Самоорганизация естественных и искусственных систем**

Эффективность действий и длительность существования любых системных образований, включая человека и человечество, зависит от способности точно и полно отражать объективные процессы мира. Для того, чтобы успешно использовать эти способности в практической жизни, необходимы не только отдельные дисциплинарные познания, а познание общих системных закономерностей экономики объективного мира (экономичность функционирования природных ценностей).

В качестве одного из таких направлений изучения системных закономерностей предлагается подход к самоорганизации, анализирующий конкретную социо-эколого-экономическую стратегию развития человечества на основе знаний о закономерности и эффективности преобразования природных целостностей [19].

Развитие любой целостности (человека, общества, растительного и животного мира и т. д.) определяется ее способностью осуществлять жизнедеятельность в соответствии с действиями, связанными с экономикой Природы. Максимальная длительность пребывания человека на Земле потребует перехода его экономики на объективные основы экономики природы.

Если исходить из закона сохранения энергии, то процесс самоорганизации происходит в условиях обеспечения самодостаточности, то есть сохранения непрерывно меняющегося динамического неравновесия между состояниями взаимосвязей внутренних структур. Природой совершаются чисто экономические процессы по распределению, обмену и концентрации материальных ингредиентов в естественных системах. Изменяемые состояния концентраций могут на основе альтернативного выбора и возникающих востребований создавать системные образования, использовать во времени их работоспособность, деградировать их в том случае, если они не будут отвечать условиям экономичной самоорганизации. При этом каждый последующий и возрастающий уровень самоорганизации природной среды по вектору целенаправленного развития вызывает саморегулирующие действия.

Самоорганизация как процесс упорядочения и усложнения связей в структурах, который приводит к экономии работы на их создание и

содержание, наблюдается всюду. Природа прошла самоорганизацию от плазмы до сложных астрономических систем. Это указывает на то, что самореализация любой системы востребуется и происходит в пределах самоорганизации окружающей ее среды. Исходя из аналогии преобразований объективного мира, самоорганизация человека происходит в самой его биологической системе, а кроме этого, определяется пределами самоорганизации человечества (общества) как социального системного преобразования. Любая дезорганизация пропорций в цепях преобразований неминуемо приводит к деградации систем. Удовлетворить интересы человека по самоорганизации можно только способствуя самоорганизации социальных сообществ и удовлетворяя интересы самоорганизации природного мира. Следовательно, мера самоорганизации целостностей или сред является объективной, системной, бессменной и вневременной ценностью.

Явление саморегулирования относится к «разумности» природных сил, поэтому материя представлена в двух состояниях: в дискретных частицах и в непрерывных полях (физических, химических, гравитационных, биологических, электромагнитных и др.), через которые по обратной связи передается необходимая информация. Вектор самоорганизации сред регулирует границу соотношения части энергии связи структурированных состояний и части состояний свободных ингредиентов. Исходя из этого по мере самоорганизации сред и систем часть состояний свободных ингредиентов во времени уменьшается, а часть структурированных состояний — увеличивается. То есть это подтверждает мысль о том, что скорость синтеза (продукции) несколько выше скорости разложения (деструкции) углерода в природе.

Экономия энергии, то есть сокращение работы, связанной с осуществлением самоорганизации среды и ее составляющих частей, является ее движущей силой. В природе существует постоянный спрос на самоорганизацию, вызываемую условиями расширения Вселенной и распределением усилий, обеспечивающих ее целостность, так как энергия связанных частиц в системе всегда ниже суммарной энергии этих же частиц в свободном состоянии. Следовательно, чем более упорядочена система, тем она более самоорганизована, более экономична за счет возникающих коммуникационных взаимодействий. Таким образом, в конкретных природных условиях непрерывно идет процесс установления соответствия между определяемым уровнем среды

и энергией связи систем. Круговорот обмена начинается с альтернативного выбора из существующего многообразия тех частиц и ингредиентов, которые путем взаимодополнения образуют целое, обладающее минимальной энергией внутренней связи (по взаимодействиям и движению), но превышающее по своей величине уровень градиента окружающей среды. Тем самым структурообразование повышает уровень самоорганизации (эффективности) среды.

Экономичность можно рассматривать как величину сокращения затрат на работоспособность целостностей при получении ими равных результатов на протяжении своего жизненного цикла. Кроме этого, можно пойти по иному пути определения эффективности функционирования естественных систем, выразив ее через соотношение позитивных и негативных, или рациональных и иррациональных действий, через соотношение результатов и издержек.

Результат жизнедеятельности системы состоит из суммы энергии взаимодействия (структурирования и производства) и энергии движения (приспособления своего состояния к состоянию окружающей среды). Экономичность рассматривается как оценочная категория по сравнительному преимуществу действий системы во времени. Из всех альтернатив природа пользуется той, которая в данный момент времени, исходя из существующих возможностей, принесла бы ей максимальную системную ценность.

Системная ценность как результат деятельности системы должна быть всегда выше ценности затрат системы при получении результата. А поскольку системная и затратная ценности изменяются во времени, то и экономичность можно выразить как разность скорости изменения системной ценности — продуктивности системы и скорости изменения издержек, обеспечивающих эту продуктивность во времени.

Другими словами, экономичность — это разность скоростей изменения созидательных и деградирующих тенденций, обеспечивающих функционирование и интенсификацию продуктивности систем на протяжении их жизненных циклов.

Анализ динамики изменения системных ценностей показывает, что экономичность функционирования системы при выполнении производительных функций равна разности: скорости изменения издержек, связанных с получением результата, минус скорость изме-

нения результатов при обеспечении гармонии целенаправленного развития системы и окружающей ее среды.

При рассмотрении естественного или искусственного производительного обмена между системами рассматриваются две характеристики — предельный и достаточный уровень эффективности обмена, а также достаточный уровень концентрации элементов и действий, обеспечивающих функционирование системы.

Подводя итог анализа процессов самоорганизации систем природного и искусственного происхождения, можно сделать вывод, что существует допустимый предел концентрации элементов и процессов, участвующих в формировании и функционировании систем, который не должен превышать жизненный результат в единицу времени. Превышение допустимой концентрации всегда приведет к монополии более сильных структур, к образованию препятствий альтернативного выбора для слабых структур. Следовательно, концентрация ресурсов выше допустимого уровня приводит к нарушению основных принципов естественного производительного отбора и к искажению жизненных или получаемых результатов, которые непременно отводят систему от градиента целенаправленных действий среды. Таким образом, нарушать естественный ход обмена, не учитывать в своих действиях целевые естественные установки экономической деятельности весьма невыгодно. Но в современной экономической политике нашего государства это обстоятельство не учитывается.

#### **Особенности природных и техногенных процессов в локальных социо-эколого-экономических системах**

Появление в биосфере человеческого общества и его хозяйственной экономической деятельности приводит к появлению новой целостности — социо-эколого-экономической системы. Понятие социо-эколого-экономической системы объединяет естественные и искусственные компоненты, участвующие в хозяйственной деятельности на территориях разного иерархического уровня.

Локальная социо-эколого-экономическая система — это ограниченная определенной территорией часть биосферы, в которой природные, социальные и производственные структуры и процессы связаны взаимно поддерживающими потоками вещества, энергии и информации [14]. Локальная эколого-экономическая система является основной структур-

ной единицей биосферы, обладающей целостностью. Это относительно замкнутая система, вещественные потоки через границу которой значительно меньше потоков внутри системы. Природные структуры, используемые в этом определении, описываются понятием «экосистема». Экосистема есть взаимосвязанная устойчивая совокупность живых организмов и среды обитания, в которой совершается кругооборот вещества и энергии. В каждую экосистему входят три группы организмов: продуценты, консументы и деструкторы:

— продуценты — организмы, строящие из неорганических элементов биомассы (растения);

— консументы — организмы, которые используют органический материал для получения и накопления энергии;

— деструкторы — организмы, которые разрушают использованные или отмершие остатки биомассы, разлагают их на неорганические составные части.

Благодаря совместной жизнедеятельности этих организмов поддерживается существование биогеохимических циклов. Особая роль в этом принадлежит деструкторам, которые возвращают в биосферу вещество, использовавшееся для строения живых организмов, и тем самым замыкают биосферные циклы.

Совокупность естественных биогеохимических циркуляций вещества и искусственных техногенных потоков, поддерживаемых хозяйственной деятельностью человека, называется биосферным метаболизмом.

Локальные социо-эколого-экономические системы, являясь частью биосферы, должны в измененной форме воспроизводить основные ее черты. Это означает, что техногенные циклы включают группы элементов, выполняющие роли продуцентов, консументов и деструкторов.

Техногенные продуценты — это отрасли промышленности, добывающие природные ископаемые и осуществляющие их первичную переработку, производящие полуфабрикаты и т. д.

Техногенные консументы — это отрасли машиностроения, приборостроения и других отраслей, изготавливающие из полуфабрикатов и комплектующих изделий конечный продукт, а также предприятия, использующие продукцию ноосферных продуцентов для получения энергии, то есть тепловые и атомные электростанции.

Техногенные деструкторы — предприятия, занимающиеся утилизацией отходов.

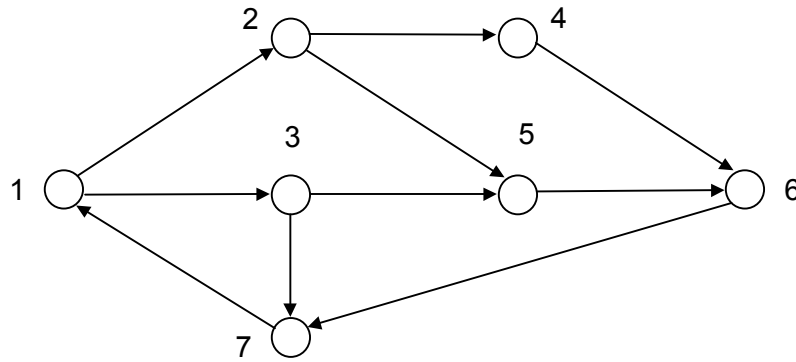
Глобальный экологический кризис является отражением несбалансированности этой деятельности. Недостаточная суммарная производительность деструкторов приводит к накоплению большого количества отходов и не позволяет замкнуть техногенные циклы внутри эколого-экономической системы. Возникающие в процессе хозяйственной деятельности техногенные потоки вещества не должны нарушать устойчивость биогеохимических циклов. Внутри эколого-экономической системы биосферный метаболизм должен проявляться в форме замкнутых ресурсных циклов, позволяющих обеспечить ее устойчивость. Из этого следует, что каждое территориальное образование должно опираться на формирование внутренних связей с замкнутыми ресурсными циклами.

Таким образом, можно сделать вывод, что основным системообразующим фактором, придающим эколого-экономической системе свойство целостности, является существование в ней биосферного метаболизма. Условием устойчивого функционирования эколого-экономической системы, как и любой другой системы, является существование в ней системы управления потоками вещества, энергии и информации.

Как было сказано выше, устойчивость природных циклов обеспечивается за счет существования в биосфере процессов самоорганизации. Самоорганизующаяся система приспосабливается к изменениям окружающей среды путем перестройки своей структуры и функций своих подсистем. Главное отличие социо-эколого-экономической системы от других самоорганизующихся систем заключается в том, что человек изучает эту систему и управляет ею, находясь внутри нее и являясь одним из ее элементов. Процесс самоорганизации социо-эколого-экономической системы, как антиэнтропийный процесс, приводящий к повышению упорядоченности ее элементов, реализуется через принятие решений по управлению потоками вещества и энергии этой системы.

Антиэнтропийная сущность производственного процесса требует адекватного теоретического аппарата для ее выражения. Рассмотрим один из возможных подходов к управлению социо-эколого-экономической системой, опирающийся на понятие энтропии. Концепция энтропии используется в статистической термодинамике для исследования ансамблей частиц.

Локальный уровень в социо-эколого-экономической системе образован частицами



**Рис. 1.** Пример графа социо-эколого-экономической системы: 1 — биосфера; 2, 3 — добывающие предприятия; 4, 5 — предприятия, производящие конечный продукт; 6 — сфера потребления; 7 — предприятия, хранящие и перерабатывающие отходы

вещества, участвующего в образовании техногенных потоков, связывающих между собой предприятия, входящие в состав этой системы [13]. С точки зрения биосферного метаболизма эколого-экономическая система есть совокупность этих потоков.

В.И. Вернадский сформулировал первый биогеохимический принцип, согласно которому биогенная миграция химических элементов в биосфере стремится к своему максимальному проявлению. Фактически этот принцип является формулировкой второго начала термодинамики применительно к биосфере. По аналогии с ним формулируется следующее положение: в замкнутой социо-эколого-экономической системе энтропия распределения вещества стремится к своему максимальному значению. Состояние, соответствующее максимуму энтропии, будет более жизнеспособным устойчивым состоянием социо-эколого-экономической системы.

В качестве модели социо-эколого-экономической системы можно использовать ориентированный граф, в вершинах которого расположены промышленные предприятия и другие элементы эколого-экономической системы, а по ребрам движутся техногенные потоки вещества [20]. Одна из вершин этого графа соответствует биосфере как источнику вещественных ресурсов для производства, другая — сфере потребления, в которой вещество в виде потребляемого продукта находится в течение некоторого времени. С каждой вершиной связано правило преобразования входных потоков в выходные, которое для предприятий описывается производственной функцией.

Пример графа социо-эколого-экономической системы приведен на рисунке 1.

Стратегия управления социо-эколого-экономической системой, обеспечивающая

уменьшение ее энтропии в установившемся состоянии, заключается в уменьшении энтропии инвестиций в основные фонды предприятий. Это означает, что при планировании развития территориальной системы приоритет должен быть отдан формированию целевых программ, позволяющих максимально сконцентрировать финансовые ресурсы на решении наиболее важных территориальных задач, повышающих жизнеспособность системы.

Таким образом, стратегия управления социо-эколого-экономической системой, обеспечивающая ее устойчивость и безопасное функционирование, должна заключаться в следующем. Необходимо найти все варианты распределения ресурсов системы, обеспечивающие максимум энтропии. Среди найденных вариантов выбрать такой, который обеспечивает минимальное значение максимума энтропии в установившемся состоянии. Это гарантирует, что уровень дезорганизации системы в худшем случае будет не больше определяемого найденным значением энтропии.

Нахождение такого распределения является непростой задачей, однако она может осуществиться с помощью модели социо-эколого-экономической системы, методические основы которой предлагаются ниже. А сейчас рассмотрим вопросы совместимости природных и техногенных процессов, учет которых при создании модели позволит получить дополнительный эффект.

#### Совместимость природных и техногенных процессов

Ни одна природная система, несмотря на определенный запас буферности, не обладает абсолютной устойчивостью к техногенезу. Каковы критерии предвидения путей, форм и интенсивности деградации исходных свойств природных процессов изучаемой территории и

конечные результаты их посттехногенного развития? Оценка сохранения природных свойств при различных видах техногенных воздействий является актуальной задачей. Ранее проводимые исследования [9, 10, 11, 15, 18] показывают, что закономерности функционирования природных процессов в зоне техногенеза — типы их ответных реакций — во многом зависят от особенностей техногенных процессов, свойств природных компонентов и общих природных условий. Изменчивость в пространстве и во времени отдельных показателей природных компонентов определяет их устойчивость в зоне техногенеза, скорость их деградации и возможное последующее восстановление.

При решении вопроса, будут ли загрязнители или иные техногенные воздействия нейтрализованы путем самовосстановления, необходим анализ свойств самого загрязнения (воздействия), характера его метаболизма<sup>1</sup> в местных условиях, форм и результатов его взаимодействия с компонентами среды. Этапы и формы перестройки среды, как обратимость или необратимость изменений (т. е. собственно устойчивость), определяются не только характером первичных техногенных воздействий, но и совместимостью вторичных реакций с общими условиями среды и свойствами природных компонентов.

Такой подход к изучению соотношений между техногенными факторами и природными процессами назван принципом совместимости. При несовместимых с местными условиями техногенных воздействиях возможны две группы ответных реакций: снижение и увеличение продуктивности природных комплексов [21].

Снижение продуктивности обусловлено двумя типами процессов. Во-первых, происходит возникновение новых отрицательных свойств природных комплексов. Несовместимость свойств техногенного импульса и исходных природных объектов вызывает «срыв» нормального функционирования природных комплексов вплоть до возникновения принципиально новых обстановок. Несовместимость техногенных нагрузок с местными природными процессами определяет очень резкие изменения последних, хотя устойчивость самого загрязнителя, как правило, в таких ситуациях может быть и невелика. Происходит отторжение загрязнителя. В то же время глубина трансформации при-

родных процессов из-за отрицательного характера вторичных реакций и устойчивости возникающих изменений по ряду параметров очень высока. Во-вторых, происходит усиление уже имеющихся природных отрицательных свойств и процессов. Соотношения между техногенными и природными процессами носят характер синергизма<sup>2</sup>.

Увеличение продуктивности природных комплексов чаще всего является результатом специально направленных воздействий. Здесь также выделяются два основных варианта процессов: 1) происходит ослабление природных отрицательных свойств (преодоление устойчивости неблагоприятных признаков). Простейший пример: воздействие извести на кислые почвы; 2) может происходить усиление природных положительных процессов, например, воздействие удобрений или определенных групп пестицидов.

Социо-эколого-экономический эффект от использования положительных процессов в значительной степени определяется правильным учетом устойчивости природных комплексов или их отдельных свойств и характера вторичных реакций.

При совместимых с местными условиями техногенных воздействиях также возможны две группы отдельных реакций, обусловленных следующими процессами.

Во-первых, техногенные импульсы, совместимые с местными природными условиями, не влияют на природные процессы и не вызывают неблагоприятных последствий, результаты вторичных реакций устойчивы и нетоксичны. В ряде случаев возможно даже некоторое увеличение биологической продуктивности. Например, при песковании происходит изменение водно-физических свойств почв, улучшается аэрация, что благоприятно сказывается на их продуктивности.

Во-вторых, техногенные воздействия не влияют на природные процессы только при неизменном, устойчивом характере функционирования природных систем. При смене исходных природных условий, например, из-за наложения дополнительных техногенных воздействий и нарушения первичного функционирования возникают токсические изменения. Происходит резкое падение биологической продуктивности природных систем.

Далеко не всегда можно представить степень совместимости, а тем более характер ответных реакций природных систем на те

<sup>1</sup> Метаболизм — в данном случае это использование вещества и энергии при росте и развитии организма.

<sup>2</sup> Синергизм — взаимное усиление процессов.



или иные нагрузки. Самое сложное — учет возможных отдаленных результатов влияния техногенных процессов, особенно при поступлении в миграционные потоки веществ, вообще неизвестных в природе (например, элементов деления на атомных электростанциях).

Рассмотренные аспекты совместимости необходимо использовать при выборе варианта размещения техногенных объектов и связанных с их функционированием техногенных процессов. Иными словами, при выборе варианта следует руководствоваться не только экономическими расчетами, но и знать и учитывать совместимость техногенных и природных процессов, что позволяет более эффективно нейтрализовать и ликвидировать отрицательные последствия техногенеза, т. е. в целом повысить устойчивость природных комплексов с минимальными затратами [17].

#### Модель управления потоками вещества и энергии в социо-эколого-экономических системах

Рассмотренные выше междисциплинарные подходы следует использовать как теоретическую методологию создания модели социо-эколого-экономической территориальной (локальной) системы, позволяющей фиксировать потоки вещества, энергии и информации, проигрывать варианты сбалансированного развития с учетом потребностей и интересов населения и принимать соответствующие решения.

Любые решения по управлению искусственно созданными системами приводят к изменению потоков вещества, энергии и информации. В конечном итоге всякая деятельность

сводится к управлению теми или иными потоками. Состояние и поведение любой системы описывается величинами потоков между ее элементами и между системой и средой. В системе могут существовать потоки разных сущностей. Первичными фундаментальными потоками являются потоки энергии. Потоки других сущностей должны быть выражены через эти потоки. Этот факт аналогичен переходу от описания в одном базисе к описанию в другом базисе. Все переменные, используемые для описания системы, должны выражаться через величины потоков вещества и энергии. Поскольку для создания потоков вещества необходимы затраты энергии, управление любой системой сводится к управлению прежде всего потоками энергии.

Социо-эколого-экономическая система как объект управления требует знаний не только о внешней среде, но и о самой системе. Эти знания необходимо накапливать в предлагаемой модели системы. Кроме этого, в системе управления должен существовать некоторый механизм порождения новых знаний о среде и самой системе и механизм порождения управляющих решений.

Схема управления социо-эколого-экономической системой представлена на рисунке 2. Главным отличием предлагаемой схемы управления социо-эколого-экономической системой от общей кибернетической схемы управления является наличие модели. В этой модели фиксируются знания о социо-эколого-экономической системе и ее окружении. Эти знания постоянно пополняются в процессе изучения функционирования системы. Орган управления принимает решения на

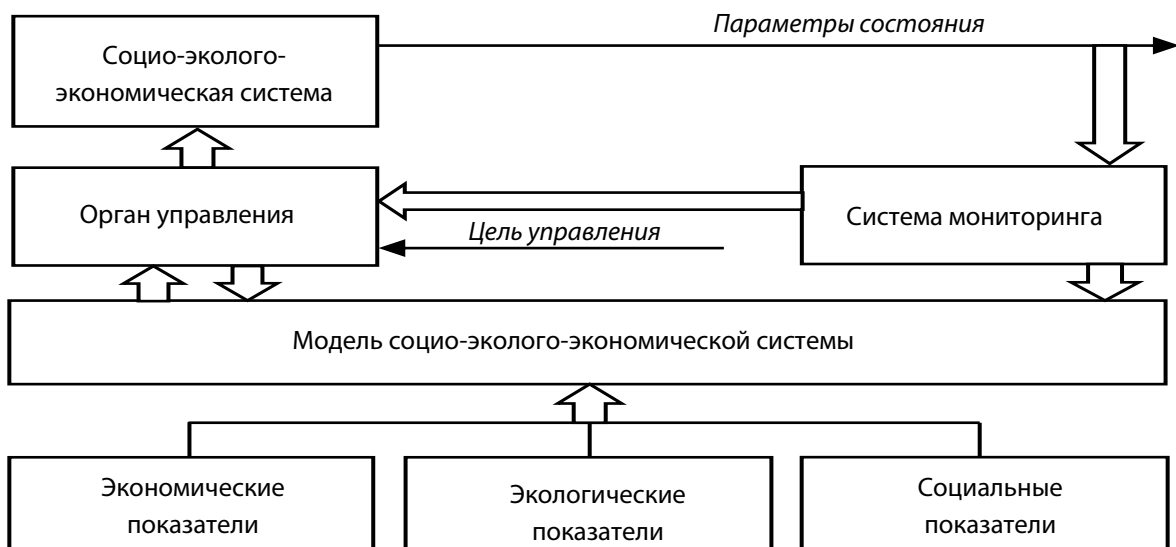


Рис. 2. Схема управления социо-эколого-экономической системой

основе информации, получаемой из системы мониторинга и знаний, хранящихся в модели системы.

Предлагаемая схема управления социо-эколого-экономической системой и ее основной элемент — модель системы — фиксирует и изучает изменения в процессе функционирования системы, систематизирует их в виде информации для принятия решений [5].

От полноты наших знаний о социо-эколого-экономической системе зависит и качество управления, которое должно быть организовано в условиях неполного знания перечня параметров, которыми необходимо управлять, неточности знания как самих управляемых параметров, так и диапазона, внутри которого их необходимо удерживать, высокой степени ответственности за неправильное решение. Поэтому можно сделать следующий вывод: организация управления общей социо-эколого-экономической системой является задачей принятия решений в соответствии с глобальными биосферными процессами.

Управление локальной социо-эколого-экономической системой имеет следующие особенности:

— система управления имеет иерархическую структуру, в которой целью верхнего уровня управления является поддержание устойчивости биосферных процессов и формирование ресурсных ограничений на деятельность каждой локальной территории;

— система управления эколого-экономической системой должна включать в себя систему мониторинга техногенных потоков вещества и энергии;

— принципиально необходимым элементом схемы управления является наличие модели социо-эколого-экономической системы, содержащей знания о самой системе и окружающей среде.

Таким образом, направлением дальнейших исследований является создание практической модели, основанной на рассмотренных теоретических подходах к изучению социо-эколого-экономических систем.

#### Список источников

1. Гиренок Ф. И. Методологический аспект учения В. Вернадского о ноосфере // Человек и природа. — 1983. — № 4. — С. 3–20.
2. Горшков В. Г., Кондратьев К. Я., Шерман С. Г. Устойчивость биосферы и сохранение цивилизации // Природа. — 1990. — № 7. — С. 3–16.
3. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. — М.: ВИНТИ, 1995. — 470 с.
4. Горшков В. Г. Структура биосферных потоков // Ботанический журнал. — 1980. — № 11. — С. 1579–1590.
5. Даванков А. Ю., Кочеров А. В. Научно-методические основы исследования пространственных социо-эколого-экономических систем // Вестник Челябинского государственного университета. — 2016. — № 14 (396). — Экономические науки. — Вып. 55. — С. 15–25.
6. Даванков А. Ю. Социально-экономическая оценка природно-техногенных комплексов. — Екатеринбург: УрО РАН, 1998. — 232 с.
7. Данилов-Данильян В. И. Если над проблемой не работать, она не будет решена // Зеленый мир. — 1995. — № 13. — С. 9–10.
8. Данилов-Данильян В. И. Экологизация народного хозяйства — основа устойчивого развития // Экология. Экономика. Бизнес (Эколого-экономические аспекты устойчивого развития). — М.: Ирис-Пресс, 1995. — С. 5–13.
9. Дьяконов К. Н. Становление концепции геотехнической системы. Исследование по общей теории систем // Природопользование (географические аспекты). Вопросы географии. — М.: Мысль, 1978. — Сб. 108. — С. 54–63.
10. Исаченко А. Г. Принципы оптимизации природной среды с позиции учения о геосистемах // Оптимизация природной среды. — М.: Географическое общество СССР, 1981. — С. 7–10.
11. Колесников Б. П., Моторина Л. В. Методы изучения биоценозов в техногенных ландшафтах // Программа и методика техногенных биогеоценозов. — М.: Наука, 1978. — С. 5–21.
12. Коммонер Б. Замыкающийся круг. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 279 с.
13. Липенков А. Д., Даванков А. Ю. Естественные основы управления эколого-экономическими системами. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 26 с.
14. Липенков А. Д. Экономика, жизнь, разум. Общественное производство с точки зрения глобальной эволюции. — Челябинск: Изд-во Челябинского гос. ун-та, 2012. — 218 с.
15. Модели и методы оценки антропогенных изменений геосистем / Е. В. Данилина, А. К. Румянцева, А. В. Парнин и др. — Новосибирск: Наука, 1986. — 149 с.
16. Моисеев Н. Н. Экология человечества глазами математика: (Человек, природа и будущее цивилизации). — М.: Молодая гвардия, 1988. — 254 с.
17. Научно методические основы междисциплинарных территориальных исследований: препринт / А. Ю. Даванков, Г. Н. Пряхин, Е. А. Постников и др. — Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2016. — 59 с.

18. Преображенский В. С. Проблема изучения устойчивости геосистем // Устойчивость геосистем. — М., 1983. — С.4–7.
19. Прыкин В. Б. Стратегия экономики. Природный экогармонизм. — М. : Юнити-Дана, 2000. — 267 с.
20. Современные методологические подходы к междисциплинарным исследованиям территориальных социо-эколого-экономических систем / А. Ю. Даванков, П. Я. Дегтярев, А. Г. Шеломенцев и др. — Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2014. — 128 с.
21. Солнцева Н. П. Геохимическая совместимость природных и техногенных потоков // Ландшафто-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. — М. : Мысль, 1983. — Сб. 120. — С. 28–40.
22. Эшби У. Р. Общая теория систем как новая научная дисциплина // Исследование по общей теории систем. — М. : Прогресс, 1969. — С. 125–142.