

НОВЫЙ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ

Предложена методология энергетической оценки функционирования социальной эколого-экономической системы, на примере агроэкосистемы как самоорганизующейся операционально замкнутой структуры, проведен ее энергетический анализ.

Любой вид человеческой деятельности становится тем более рентабельным, чем больший вклад в производство вносит природа: она концентрирует энергию и вещества, преобразует их в новые формы, доступные для образования различных геосистем; восстанавливает израсходованные запасы вещества и энергии в той их форме, при которой поддерживается и сохраняется установившееся динамическое равновесие. Тем не менее эффективность функционирования предприятий оценивается по соотношению себестоимости конечной продукции и ее рыночной цены; отношением прибыли к себестоимости; отношением прибыли к площади земельных угодий и др. Такой подход предполагает искажение действительных затрат на производство продукции. Производительность труда, по сравнению с действительной, завышается, приводя к парадоксальному результату – стоимости продукции, несмотря на возрастающие энергетические затраты на ее производство, понижается, свидетельствуя о якобы высокой рентабельности производства.

Этот общепринятый подход опирается на теоретические положения рыночной экономики, согласно которым цена продукции устанавливается по соотношению спроса и предложения, которое опосредованно учитывает затраты труда (энергии). На рынке выигрыш получает тот, чья продукция при одной и той же рыночной цене имеет наименьшую себестоимость. Снижение же себестоимости в значительной мере обуславливается продуктивностью природных ресурсов, считающейся дармовой, или уровнем концентрации полезных элементов, прежде всего содержанием в них энергии – с одной стороны, а с другой – количеством затрачиваемой энергии на производство продукции. Улучшение жизненных условий, прогрессивное социально-экономическое развитие в целом объективно предполагают нелинейное увеличение затрат энергии.

Согласно современным положениям экономической теории природные ресурсы не обладают стоимостью, поскольку в них не вкладывается труд; стоимость же появляется, когда данные ресурсы перерабатываются человеком и превращаются в новые формы вещества и энергии. Рассуждения К. Маркса о потребительной и меновой стоимости товара до сих пор остаются неоспоримыми [1]. Считается, что с развитием техники, с ростом индустриализации стоимость произведенной единицы продукции убывает. Ошибочность данного положения кроется в том, что в стоимости конечной продукции не учитывается стоимость природных ресурсов. Например, реальная стоимость нефти, если рассчитывать ее по прибыли, которую она несет, составляет около 1 000 долл. за 1 баррель.

По сложившимся также в экономической теории представлениям, труд есть целесообразная деятельность человека, с помощью которой он преобразует

природу и приспособливает ее для удовлетворения своих потребностей. Из этого следует, что только та деятельность человека относится к категории труда, которая направлена на покорение природы, на изъятие производимых ею сырьевых ресурсов. Однако индустриализация, сопровождающаяся ростом вооружений и обострением экологических проблем, неминуемо ведущих к истощению природных ресурсов, обусловила появление нового вида трудовой деятельности, направленной на восстановление среды обитания. Этот труд не несет роста прибыли в производстве промышленной продукции. В связи с этим стоимость производимой продукции в энергетическом исчислении в индустриальном обществе только растет и не расти не может. Энергетические затраты на содержание общества все более возрастают, достигая в развитых странах более 270 тыс. ккал/сут на одного человека [2]. В современном сельскохозяйственном производстве увеличение прироста валовой продукции на 1% достигается за счет повышения используемых энергетических мощностей на 1,8–2,7%, а производство 1 т полезной продукции сопровождается образованием 99 т отходов [3].

В индустриальном обществе все сущее на Земле приобретает стоимость, потому что и воздухом, и водой, и всеми производными экосистемами можно пользоваться благодаря затратам труда человека, затратам энергии, необходимой для их очистки, охраны от загрязнений, лесных пожаров и пр.

Необходимая для развития социально-экономических систем энергия (E) складывается из затрат ее собственной энергии, включая искусственно создаваемую человеком ($Eч$), и затрат энергии ($Eп$), производимой природой:

$$E = Eч + Eп.$$

В допромышленное время и в начале его затраты $Eч$ выступали, по выражению С. Подолинского [4], в качестве катализатора, «усилителя мощности земли», предполагавшего повышение доли $Eп$ в производстве суммарной энергии E и прибавочного продукта. С переходом цивилизации на индустриальный путь развития доля $Eп$ стала заметно уменьшаться.

В свете изложенного оценка рационального и эффективного использования природных ресурсов и затрат различных видов труда может осуществляться с использованием объективной меры – меры затрат энергии на производство того или иного вида продукции. Это единственная мера экономической эффективности предприятий, определяющая не мнимую, а действительную рентабельность любой хозяйственной деятельности.

Современное отношение к решению проблемы

Проблема определения стоимости природных ресурсов с использованием накапливаемой в них энергии привлекает ученых давно. Некоторые современные экологи-

экономисты берут на вооружение теорию физиократов, основателем которой был Франкоис Кюсю, предлагавших считать Землю (природные ресурсы) однозначным источником всего богатства [5]. Их главная идея состояла в том, что источник прибавочного продукта следует искать в физической производительности земли.

С научным обоснованием тезиса, что энергетические затраты на производство продукции земледелия меньше энергии в получаемом урожае, впервые выступил С. Подолинский [4]. Его идеи активно поддерживались Ф. Энгельсом.

Однако фундаментальные основы анализа энергетических потоков в экосистемах, агроэкосистемах и в промышленности были разработаны Говардом Т. Одумом [2]. В работах по энергетической оценке глобальных процессов, происходящих в окружающей среде, он использовал энергетическую теорию стоимости, основанную на введенном им понятии «эмергия» – это энергия, использованная для производства товара или услуги, мера полезной энергии, которая была заложена, например, в древесине в процессе фотосинтеза.

В последние десятилетия научный интерес к этой проблеме получил развитие и в России. Исследования на основе разработанной Г. Одумом методологии проводятся группой ученых из Института географии РАН [6]. В частности, с использованием вычисленных Г. Одумом коэффициентов трансформации ими впервые в России была проведена оценка эффективности функционирования агроэкосистем Центрально-Черноземного района России.

Российские ученые внесли существенный вклад в изучение проблемы: получают развитие исследования по энергетической оценке технологий возделывания агроэкосистем [7], эффективности функционирования эколого-экономических систем в сельском хозяйстве [8] и методологии определения ее [3]. В своих исследованиях А.С. Миндрин рассчитал энергетические эквиваленты энергоносителей (ископаемых топлив) и дал энергетическую характеристику эффективности производства сельскохозяйственной продукции.

По мнению А.С. Миндрин, существующие в нашей стране методики энергетического анализа опираются в основном на уже рассчитанные энергетические эквиваленты, заимствованные из зарубежных источников [2, 9], которые не приемлемы для определения энергетической эффективности сельского хозяйства в России, т.к. существует явное различие в технологиях производства, несопоставимость природных условий, характеристик общественных отношений и др.

Проблемы энергетической оценки эффективности функционирования социально-экономических систем состоят в необходимости их рассматривать во взаимодействии с экологическими системами. Данный подход еще недостаточно разработан, хотя актуальность постановки задачи и ее решения имеют исключительную практическую значимость. Мы полагаем, что сложность проблемы в значительной степени обусловливается политическими причинами, но они преодолимы.

Общие методологические принципы анализа самоорганизующихся структур

Любые взаимодействия различных элементов на Земле, как и вообще в природе, сопровождаются про-

цессами структурирования и упорядочения с образованием множества относительно автономных устойчивых целостностей; развитие их направлено к одной цели – соответствию внутреннего состояния условиям, создаваемым неаддитивной (эмерджентной) совокупностью законов развития материи. В качестве обязательного условия для самоорганизации целостностей и их устойчивого развития выступает упорядоченность расходов энергии, вещества и информации в потоках. Благодаря этому свободная, самопроизвольная организация различных природных процессов на Земле, включая и человеческую деятельность во всех формах ее проявления, является целесообразной. Она проявляется в образовании целостных устойчивых гетерогенных структур, развивающихся на принципах обратимости, которую мы называем *фрактальной обратимостью*. Фрактально обратимые системы развиваются как бы вопреки второму началу термодинамики, они продолжают себя во времени и пространстве, замещаясь подобными структурами, часто сохраняющими неизменным лишь свой инвариант. Наиболее ярким примером этого являются различного рода общины, кооперативы, коллективные хозяйства и пр., меняющие свою структуру лишь в той мере, в какой изменяются внешние условия, например экологическая емкость или военно-политическая ситуация.

Главная причина коллизий в отношениях между Человеком и Природой состоит в несовпадении их целей развития, которое ни в коей мере нельзя считать фатальным. Коллизии существуют и пока еще все обостряются в силу того, что Человек выступает с претензией на право, якобы данное ему свыше, управлять Природой лишь для удовлетворения своих потребностей. Однако его прерогатива в управлении строго задана всей логикой причинно-следственных отношений, определяемых диалектическими законами развития материи. Она заключается в том, чтобы управляющие функции Человека во взаимодействии с природными процессами предполагали направленное движение к их общей цели – устойчивому, гармоническому развитию. Принцип: работая на себя, мы работаем на других, – должен распространяться и на Природу, ибо ее вклад в удовлетворение наших потребностей составляет гораздо большую величину по сравнению с нашим собственным.

Проводимые в настоящее время исследования энергетической эффективности функционирования предприятий, в частности агроэкосистем (АГС), направлены на изучение энергетических потоков между элементами АГС, на изучение расходов энергии на производство различных видов продукции; тогда как другая, практически и теоретически наиболее важная часть задачи, направленная на раскрытие механизма формирования целостности, динамики аккумулируемой ею энергии, вещества и информации (выражающейся, например, в форме ВВП или валовой продукции предприятий), остается за границами внимания исследователей. Агроэкосистемы, как и другие виды предприятий, рассматриваются как системы с обратной положительной связью, и управление ими считается прогрессивным лишь в том случае, если целевые выходные характеристики со временем растут. А это объективно предполагает нарастание по законам обратной

же положительной связи процессов деградации окружающей среды: интенсивность деградационных процессов в заданный момент времени возрастает пропорционально достигнутому их уровню в предыдущий. В этих условиях наиболее перспективным, на наш взгляд, является переход к управлению агроэкосистемой как целостной самоорганизующейся структурой, функционирующей на принципах операциональной замкнутости и авторегулирования (автокатализа, по Одуму [2]). Такая система управления ориентирована на развитие агрохозяйства, во-первых, за счет постоянных или медленно убывающих внешних (альтернативных) источников энергии, а с другой – за счет энергии, вырабатываемой самой АГС в замкнутых циклах производства.

Методология научного анализа самоорганизующихся систем

В данном исследовании излагается методология научного анализа самоорганизующихся систем на примере аграрного хозяйства; дается характеристика АГС, организуемая на традиционных планово-рыночных принципах со спонтанно (стихийно) формирующейся *аттрактивной целью*, и модель самоорганизующейся АГС как *операционально-замкнутой структуры*, перспективной для практического применения сейчас и в будущем. Объект изучения и постановка проблемы требуют междисциплинарных исследований, методологически опирающихся на положения синергетики. Это предполагает необходимость раскрытия существа используемых понятий, определений и применяемой терминологии. Прежде всего, это касается таких введенных нами понятий, как инвариант структуры функциональных отношений (ИСФО), операционально-замкнутые системы, аттрактивные цели развития [10, 11]. Другим применяемым нами понятиям будут даваться пояснения в соответствующих местах текста.

Инвариант структуры функциональных отношений геосистемы (ИСФО). Инвариант структуры функциональных отношений состоит из минимально необходимой для образования системы совокупности: социума, его инфраструктуры и элементов природной среды конкретной территории, характеризующейся экологической емкостью (V) и площадью (Spr). Самоорганизующиеся системы без ИСФО формироваться не могут. При отсутствии хотя бы одного из составляющих ИСФО элементов система теряет устойчивость, способность к самовосстановлению, самовоспроизведению и разрушается.

Применительно к агросистемам ИСФО представляет собой неаддитивное (эмерджентное) объединение в целостность элементов экосистемы, социально-экономической системы, инфраструктуры. Каждая из составляющих инварианта АГС – это относительно самостоятельные (автономные) подсистемы, находящиеся в функциональных взаимосвязях. Социум иерархически структурирован на управляющую подсистему и производственные группы по направлениям хозяйственной деятельности.

Операционально-замкнутая самоорганизующаяся система. Мир состоит из самоорганизующихся сис-

тем: различного ранга звездных систем, планетных образований, подобных Солнечной, Земли как самостоятельной геосистемы, различных типов экосистем и составляющих их подсистем; цивилизации в целом и составляющих ее частей – государств, промышленных предприятий, агроэкосистем и пр. Все они являются замкнутыми и обладают важным свойством – сохранять самоорганизовавшуюся целостность и устойчивость во времени вопреки второму началу термодинамики. Непрерывный обмен энергией со средой (или с другими системами) позволяет геосистемам поддерживать постоянно свои параметры и энтропии, которая на начальных этапах их формирования и функционирования не только не растет, но и уменьшается.

В кибернетике – науке об управлении динамическими системами – рассматриваются два класса замкнутых систем: системы с отрицательной обратной связью и системы с положительной обратной связью. Положительная обратная связь усиливает входные воздействия на выходные характеристики в системе, и система быстро растет в размерах: по массе, объему, площади поверхности. Системы с положительной обратной связью неустойчивы; их развитие носит пульсирующий характер – резкий скачок в развитии заканчивается еще более резко выраженным спадом.

Отрицательная обратная связь ингибирует развитие системы, затормаживает, демпфирует нарастание выходных характеристик. Операциональная замкнутость самоорганизующихся систем с отрицательными обратными связями предполагает целенаправленное развитие к некоему спонтанно формирующемуся *заданному состоянию*, играющему роль *аттрактора*.

Аттрактивная цель, аттрактор. Аттрактивные цели развития формируются в силу действия двух моментов: с одной стороны, самоорганизующиеся системы характеризуются имманентным свойством соответствия условиям среды, прежде всего формам вещества, энергии и информации, за счет которых они формируются и развиваются. Имманентность свойств закладывается изначально постольку, поскольку вещества обладают массой, энергией и информацией (MEI), предполагающими существование законов всеобщего взаимодействия. С другой стороны, меняются во времени и пространстве условия – среда, формы MEI и их количественные и качественные характеристики. Вследствие этого эволюционируют и системы, буквально «следящие» за их изменением условий. Таким образом, аттрактивные цели – это формы MEI , за счет которых формируются и развиваются системы. Аттрактивные цели являются главным, определяющим заданным состоянием для любых типов систем, включая косные, живые и социально-экономические.

Именно поэтому и косные системы имеют свои аттрактивные цели развития, вопреки распространенному мнению, что только люди, сознательные, способные к аналитической деятельности существа, могут формировать цель своего развития. Аттрактивная цель, таким образом, представляет собой центральный порядок Гейзенберга, который изменить мы не властны [12]. Человечество движется по определяемому им пути к некоей цели, которая на современном уровне развития науки в принципе постижима.

Агроэкосистемы как самоорганизующиеся операционально-замкнутые системы

Принципы самоорганизации агроэкосистем. По нашей классификации, агроэкосистемы относятся к самоорганизующимся структурам типа «человек-машина» [13]. Как любое созданное человеком автоматическое устройство, они организуются человеком и могут устойчиво функционировать только при его непосредственном участии в обмене веществом и энергией, в определении набора животных и растительных видов. Без участия человека самоорганизация и саморегулирование агроэкосистемы невозможны. Но вместе с тем, в отличие от искусственных экосистем (фитокамер, теплиц, оранжерей), они не могут функционировать без участия Природы. Более того, вклад Природы в развитие АГС превышает вклад подводимой человеком энергии. Энергетическая эффективность (отношение энергии в произведенной продукции $E_{пр}$ к затраченной энергии E_3) превышает вклад человека во всех формах его энергетических затрат. Прямые и косвенные затраты, в том числе и труд человека, выступают в роли своего рода катализатора, повышающего естественный коэффициент полезного действия фотосинтеза и продуктивности животных и микроорганизмов. Таким образом, АГС по существу являются социальными эколого-экономическими системами.

Отличительной особенностью АГС, как и других типов социально-экономических систем, является отсутствие у них ограничивающих рост продуктивности управляющих процессов. Входные управляющие параметры в абсолютном большинстве направлены на увеличение выходных параметров (положительная обратная связь). Если этого не происходит, то считается, что предприятие работает неудовлетворительно. Рассмотрим работу предприятия по производству мясомолочной продукции на примере крестьянского хозяйства «СоМер-2».

АГС «СоМер-2», природные условия и направление хозяйственной деятельности. Хозяйство «СоМер-2» специализируется на воспроизводстве и выращивании племенных животных. Сопутствующим направлением его деятельности является производство колбасных изделий и молочной продукции. Хозяйство расположено в степях Карагандинской области, где климат резко-континентальный, с недостаточным увлажнением – количество осадков не превышает 350 мм в год. Почвы представлены маломощными черноземами и темно-каштановыми почвами, растительный покров – степным разнотравьем.

Занимаемая площадь составляет 10 га земельных угодий, из них 2 га занято инфраструктурой и административно-хозяйственными постройками.

Структура хозяйства. Хозяйство «СоМер-2» состоит из 7 производственных подразделений.

1. Свиноводческая ферма по производству племенных свиней крупной белой породы. Обслуживающий персонал занимается уходом за свиноматками и выращиванием поросят для продажи. Сопутствующим производством является выращивание свиней на мясо.

2. Скотоводческая ферма для стойлового содержания и выращивания племенного молодняка крупного

рогатого скота черно-пестрой породы, поставляемого на рынок. Сопутствующее производство – производство молока и говядины, а также, в небольшом объеме, органических удобрений (навоз).

3. Цех по переработке продукции животноводства – дальнейшая переработка свиного и говяжьего мяса, молока. Здесь производятся для продажи в небольшом количестве сливки, сливочное масло. Свинина и говядина перерабатываются в колбасные продукты и копчености и реализуются через торговую сеть. Для хранения продукции имеется холодильник.

4. Машинно-тракторная станция и ремонтные мастерские осуществляют обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники, автомобильного транспорта.

5. Подразделение по заготовке и переработке кормов. Заготовка осуществляется на естественных лугах и засеваемых травяными и зерновыми (пшеница и ячмень) культурами полей.

6. Продовольственные магазины, реализующие производимые на предприятии мясные и молочные продукты.

7. Администрация во главе с директором, являющимся учредителем предприятия, осуществляет руководство всем процессом. В ее состав входят более 50 человек постоянной занятости и около 20 временно нанимаемых рабочих в сезон уборки урожая.

Управление производством и производственный процесс являются тривиально-традиционными. Управляющие указания передаются по цепочкам производственных подразделений. Итоги работы подводятся под руководством директора, им же определяется ценовая политика как реакция на соотношения спроса и предложения на рынке.

Продукция предприятия пользуется спросом, и по соотношению затраты/прибыль оно является рентабельным. На производство всех поставляемых на рынок видов продукции затрачивается в среднем за год 17 750 тыс. руб. (658 000 долл.), а прибыль составляет 23 140 тыс. руб. (860 000 долл.).

В развитии предприятия имеются благоприятные и сдерживающие факторы.

Среди благоприятствующих развитию предприятия факторов наибольшее значение имеет низкая цена электроэнергии, трудовых ресурсов и использование устаревшей сельскохозяйственной техники. Данное обстоятельство на первый взгляд кажется странным. На самом же деле это связано с очень высокой стоимостью нового оборудования. Затраты на его приобретение значительно превышают таковые на ремонт морально и физически устаревшего оборудования. Современный трактор или комбайн по стоимости превышает годовой ВВП предприятия. Дешевле приобрести старую технику для использования ее в качестве запасных частей и поддерживать в рабочем состоянии устаревшее оборудование.

Сдерживающим фактором развития АГС «СоМер-2» является экологическая емкость территории, в особенности площадь используемой земли. По существу, этот показатель выступает в качестве отрицательной обратной связи, не допускающий экстенсивного развития предприятия. Расширение же площади территории при растущих ценах на землю на настоящем этапе затруднительно.

Виды энергии и их затраты в производстве продукции АГС «СоМер-2». В научных исследованиях энергетических источников развития экосистем и экономической деятельности принято выделять солнечную энергию в отдельный вид, по рангу сравнимый с энергией человека, потенциальной энергией, накапливаемой растениями или почвой [2]. На самом же деле поток солнечной лучистой энергии, поступающий на поверхность Земли, количественно превышает потоки искусственной и природной трансформированной энергии на два и более порядков. При таком подходе нарушаются принципы классификации, допускается смешивание главного базисного фактора образования энергии с теми, происхождение которых им предопределяется и лимитируется. Происхождение всех видов энергии на Земле, необходимых для образования и развития экосистем и социосистем, обусловлено солнечной энергией, которая по разным причинам трансформируется в новые ее формы, но т.к. в настоящее время деятельность человека не может существенно повлиять на количество этой энергии и изменить его в ближайшие сотни лет, в нашем исследовании прямой поток солнечной энергии учитывать нецелесообразно. В расчет включена лишь трансформированная солнечная энергия, усвоенная растениями, преобразованная в природное плодородие почвенного покрова и содержащаяся в природных ископаемых топливах.

Энергетический вклад природы. На территорию АГС «СоМер-2» площадью 10 га поступает 523 350 ГДж/год солнечной энергии, или 12 500 т нефтяного эквивалента. Она трансформируется в энергию, накапливаемую растительностью, почвой и др.

Аккумуляция энергии растительностью определяется площадью земли, засеваемой зерновыми культурами и травами. На 1 га земли, засеваемой зерновыми культурами, аккумулируется в среднем 21 ГДж, а суммарная величина накапливаемой энергии на площади 8 га составляет 168 ГДж [3]. Кроме того, с этой площади за один сезон получается в среднем 32 000 кг соломы, содержащей 128 000 кВт/ч энергии, или 460,8 ГДж.

Почвенный покров за счет деятельности микроорганизмов и образования гумуса накапливает 296 ГДж/год.

Экономия энергии в выпадающих осадках в виде дождя и снега составляет 173 ГДж/га/год (эта энергия тратилась бы на полив при отсутствии осадков).

Энергетический вклад человека. В производстве сельскохозяйственной продукции используются не только прямые, непосредственные энергетические ресурсы, но и косвенные затраты энергии, использовавшиеся ранее на производство различных видов техники – тракторов, комбайнов, удобрений и пр. Для определения их энергетической стоимости необходимо знать затраты энергии, начиная от добычи, перевозки руды и выплавки стали и кончая производством техники. С этой целью разрабатываются методы количественной оценки энергетических затрат не только конечной продукции, но и энергии, затраченной на каждой стадии воспроизводственных процессов, с тем чтобы можно было определять *энергетические эквиваленты* ресурсов, участвующих в производстве техники. В данном показателе учитываются суммарные затраты энергии (прямые и косвенные): на каждой последую-

щей стадии ко всей энергии, затраченной на предыдущих стадиях, прибавляется энергия, затраченная на вновь создаваемый продукт [3. С. 82–83].

В процесс сельскохозяйственного производства включено 61 230 ГДж энергетических ресурсов (топлива, электроэнергии, дополнительных материалов, энергия труда человека). На производство основных фондов (сельхозтехники, помещений) израсходовано около 17 000 ГДж, а 5 100 ГДж/год (30% от всех производственных затрат) затрачивается ежегодно на амортизацию оборудования. При учете полученных выше амортизационных затрат, полные энергозатраты составят 66 330 ГДж/год (61 230 ГДж + 5 100 ГДж).

Производство энергии животноводческой фермой. Суммарный энергетический выход в животноводстве составляет (данные 2003 г.) 4 955 ГДж/год; из них: 1 165 ГДж – за счет свиного мяса, 110 ГДж – говядины, 230 ГДж – молочной продукции. Продукция колбасного цеха составляет более 3 450 ГДж/год.

Считается, что потери энергии в агроэкосистемах определяются разностью между использованной энергией и энергией полученной продукции. В нашем случае израсходовано в животноводстве 61 230 ГДж, получено 4 955 ГДж (8% от суммарных энергозатрат), трансформационные потери составляют 56 275 ГДж (92%) энергии. Большая часть израсходованной энергии – это природная энергия, которую часто не включают в оценку затрат.

Перспективная модель функционирования АГС

Существующая методология организации сельскохозяйственных предприятий предполагает истощительное земледелие; в структуре современных АГС нет элементов управления, которые бы по достижении некоторого научно обоснованного и практически проверенного уровня продуктивности демпфировали бы дальнейший рост производительности системы. По достижении этого уровня (пороговых значений) предприятие должно переходить преимущественно на интенсивные методы земледелия, предполагающие совместную с экосистемами деятельность, направленную к росту их продуктивности и устойчивости. Деятельность предприятия должна быть антиэнтропийной и по отношению к экосистеме, в которой оно располагается, и энергетический вклад которой в производство конечной продукции является определяющим.

Механизм действия отрицательной обратной связи в структуре АГС. Введение в структуру АГС нового управляющего элемента предполагает изменение ее целевых функций, принципиальное изменение аттрактивной цели ее развития. Если в традиционных вариантах их организационной структуры формирование цели полностью определяется собственными интересами и рынком, то при новом механизме управления необходимо учитывать отношения «спрос – предложение» и в экосистемах, как ни кажется это на первый взгляд парадоксальным. Существующий в экосистеме «спрос» состоит в том, чтобы ее инвариант структуры, по крайней мере, не разрушался. Иначе говоря, чтобы изменение расходов *MEI* в потоках к социосистемам и экосистемам предполагало понижение их совместной

энтропии, вплоть до достижения устойчивого состояния – гармонического развития. Но возможно ли оно? Если исходить из действующих в настоящее время политических пристрастий и определяемых ими принципов социально-экономических отношений, это невозможно, потому что это на первый взгляд простое решение требует переориентации затрат энергии с производства вооружений на сохранение устойчивости экосистем, и не в отдельно взятом районе, а в глобальном масштабе.

Заданное состояние системы АГС. Заданное (задаваемое, сознательно планируемое) состояние АГС – это уровень, который она по истечении некоторого установленного промежутка времени должна достичь по своим выходным характеристикам: количеству и качеству выпускаемой продукции, по структуре функциональных отношений, формам и количеству потребляемых МЕI. В качестве заданного состояния может выступать, например, численность населения, занятого в производстве, материальное состояние и социальное положение людей и др. Однако социально-экономические системы, в отличие от всех других типов, определяют свое заданное состояние сами. Переход на новые принципы организации производства предполагает кардинальное изменение отношения к выходным характеристикам АГС. Во-первых, повышается статус АГС – она из разряда экономических переходит в категорию эколого-экономических систем. Во-вторых, качественно меняются ее выходные характеристики: кроме рентабельности производства, вводятся показатели устойчивости и продуктивности экосистем с учетом биологического разнообразия. Цель состоит в том, чтобы происходило гармоничное взаимопроникновение (пересечение) систем, предполагающее одновременное и взаимосвязанное улучшение их состояния. Необходимо перевести ту часть экосистемы, которая входит в границы действующей АГС, на принципы «спрос – предложение – цена». Причем цена определяется в энергетическом и денежном измерении. В качестве предложения со стороны экосистемы выступают плодородие почв, чистота (уровень загрязненности) водных бассейнов и подземных водных источников; биопродуктивность лесопарковых зон и др.

В экосистемах (биоценозах) в качестве управляющей структуры выступают генотипы (совокупность наследственных факторов) растений и животных и условия среды (температурный режим, влажность, инсоляция и минеральный субстрат), под которые генотипы и фенотипы, эволюционируя, формировались. Управление экосистемами можно осуществлять по нескольким наиважнейшим выходным характеристикам: по продуктивности и устойчивости, по биоразнообразию.

Продуктивность $P(t)$ экосистем, вследствие ингибирующего действия обратной отрицательной связи, достигая некоторой оптимальной величины P_0 , стабилизируется – $\Delta P(t) \rightarrow 0$. Таким образом, P_0 в экосистемах выступает в качестве спонтанно формирующегося заданного состояния, а величина $p(t)$, стремящаяся к P_0 ($p(t) \rightarrow P_0$), – в качестве текущего состояния, т.к. $P(t) = P_0 - p(t)$. В простейшем варианте управления АГС необходимо наделить управляющий орган функцией сравнения текущего состояния $p(t)$ с заданным P_0 . Структурная схема управления АГС показана на рис. 1.

Когда предельные состояния заданы, то насыщение осуществляется пропорционально разности между заданным и текущим состояниями, а когда характеристики предельного состояния системы формируются спонтанно, то процесс протекает пропорционально разности между суммарным предложением и суммарным спросом. Вследствие того что рост предложения из-за истощения ресурсов (а на малых временных промежутках – вследствие стабилизирующей роли цены) затухает, то процесс в суммарном действии «спрос – предложение» стремится к равновесию. Социально-экономическая система при этом характеризуется стационарным, динамически равновесным режимом развития: ее выходные характеристики в течение времени меняются мало.

В качестве заданного состояния в социально-экономических системах выступают их выходные характеристики, связанные обратной связью переменного действия (отрицательной и положительной) с управляющими органами, и так, что при необходимости выходные характеристики демпфируют (тормозят) дальнейшее нарастание производства или, наоборот, инициируют производительность труда.

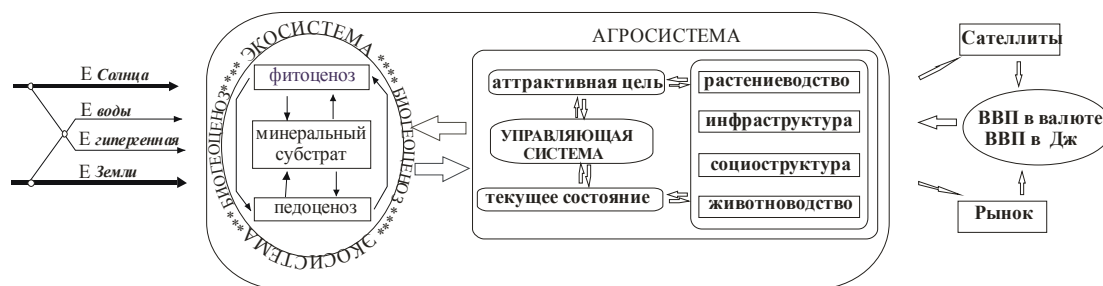


Рис. 1. Структурная схема управления агроэкосистемой

Заданное состояние должно формироваться под конкретные цели и быть реально выполнимым в конкретных условиях. Действие отрицательной обратной связи, регулирующей динамику предприятия, например по объему производимой продукции, осуществляется через соотношения заданного и текущего состояния социально-экономической системы: производитель-

ность социально-экономической системы, по мере приближения текущего состояния к заданному, стабилизируется.

Энергетический анализ функционирования предприятий, в сочетании с экономическим, объективно отображает суть происходящих социально-экономических процессов и раскрывает истинные затраты тру-

да на производство продукции, по существу являющиеся неразделимым результатом деятельности Человека и Природы. Энергетическая оценка эффективности производственной деятельности предприятий позволяет не только сравнивать хозяйства различной производственной специализации, функционирующие в конкретных природных условиях, но и количественно определять долю вносимого труда (энергии) Человеком и Природой. Естественно, что с позиций применяемой методологии действительная эффективность производства определяется энергетическим вкладом экосистем – с увеличением его доли эффективность производства растет. Данное обстоятельство, вообще говоря, является перспективным стратегическим ориентиром в дальнейшем развитии че-

ловечества. В производстве продукции, прежде всего сельскохозяйственной, следует отдавать предпочтение решению тех задач, которые предполагают возрастание энергетического вклада природы: увеличению потенциальной продуктивности почв, получению энергии в замкнутом цикле производства, использованию отходов производства, предварительно прошедших переработку, например с помощью микробиологических технологий, повышению эффективности использования солнечной энергии (увеличению плотности энергии) и пр.

Наиболее перспективным является переход к управлению агроэкосистемой как целостной самоорганизующейся структурой, функционирующей на принципах операциональной замкнутости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К. Капитал. М.: Политиздат, 1978. Т. 1. С. 47–49.
2. Odum Howard T. Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making / Howard T. Odum. N.-Y., 1996. 370 с.
3. Миндрин А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М.: ЦНИИМ, 1997. 294 с.
4. Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. М.: Ноосфера, 1991. 89 с.
5. Чесноков В.С. Сергей Андреевич Подолинский. М.: Наука, 2001. 347 с.
6. Фельдман О.В., Денисенко Е.А., Логофет Д.О. Энергетический подход при оценке эффективности использования ресурсов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. М.: ВИНТИ, 1998. С. 66–81.
7. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 45 с.
8. Чогут Г.И. Эффективность функционирования эколого-экономических систем в сельском хозяйстве: теория, методология, практика: Автореф. дис. ... д-ра экон. наук. Воронеж, 2007. 43 с.
9. Pimentel D., Rodrigues G., Wane T. Renewable energy: economic and environmental issues // BioScience. 1994. Vol. 44, № 8. P. 44–52.
10. Поздняков А.В. Стратегия российских реформ. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 1998. 272 с.
11. Поздняков А.В. Системно-синергетический подход к исследованию геосистем // Земная поверхность, ярусный рельеф и скорость рельефообразования: Материалы Иркутского геоморфологического семинара. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2007. С. 223–225.
12. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое / Пер. с нем. М.: Наука, 1989. 400 с.
13. Поздняков А.В. Процессы глобализации и устойчивое развитие // Проблемы устойчивого развития: иллюзии, реальность, прогноз: Материалы шестого Всероссийского постоянно действующего научного семинара «Самоорганизация устойчивых целостностей в природе и обществе». Томск: Том. гос. ун-т, 2002. С. 229–235.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 14 марта 2008 г.