

Энергетический подход к оценке функционирования агроэкосистемы как операционально замкнутой самоорганизующейся структуры

К.А. Шуркина

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, (3822)492223,
xenia_1983@mail.ru

Под влиянием человеческой деятельности в мире из природных систем образовались и развиваются в настоящее время антропогенно культивируемые экосистемы, называемые в настоящее время агроэкосистемами (АГС). Агроэкосистемы не могут функционировать вне экосистем, их существование напрямую зависит от состояния окружающей природной среды. Современный же период мощного развития промышленности и научно-технического прогресса обнаруживает негативное влияние на «здоровье» экосистем, что сразу же сказалось и на сельскохозяйственном воспроизводстве. Культивация человеком экосистем и влияние на неё дополнительной технической (антропогенной) энергии в различных ее формах (удобрения, пестициды, сельскохозяйственная техника, новые сорта, орошение и т. д.) привело к коренному преобразованию экосистем: изменению видового разнообразия, пространственного распределения организмов, плотности популяций экосистемы и т.д., то есть нарушен экологический и энергетический баланс природных систем и наблюдается их безвозвратная трансформация.

Чтобы сохранять среду и рационально ее использовать, необходимо знать, как она функционирует, и какова глубина влияния на нее хозяйственной деятельности человека. Природные системы и все живые организмы существуют за счет стремления к равновесному состоянию. Регулирование же происходит за счет наличия сил обратного действия, которые тормозят, приостанавливают, противодействуют безграничному росту системы путем каких-либо сбоев, деградаций условий существования, исчерпания ресурсов и т.д. Никакая система не достигает большего размера, чем позволяет ей ее емкость. В настоящее время экологическая емкость земель сельскохозяйственного назначения постоянно снижается и внедрение катализаторов способно лишь временно увеличить продуктивность системы как бы в долг, но в дальнейшем чрезмерная и нерациональная эксплуатация невозобновимых и возобновимых ресурсов приведет к необратимому преобразованию экосистем.

Экосистемы до появления человека находились в равновесном состоянии, а сейчас же это равновесие полностью нарушается. Ведение хозяйственной деятельности человека далеко от равновесия и все более удаляется от него, становясь неустойчивее. Устойчивость антропогенных систем достигается лишь за счет все более возрастающих затрат вещества, энергии и информации (МЕИ) [2].

Сложившаяся ситуация диктует необходимость поиска путей повышения эффективности функционирования агроэкосистемы в этом значительную роль может сыграть энергетическая оценка рациональности использования природных ресурсов и полезных ископаемых. Особенность энергетической оценки эффективности функционирования антропогенных систем состоит в необходимости их рассматривать во взаимодействии с экологическими системами. Описание функционирования природного объекта без применения энергетического анализа малоинформативно и недостаточно.

Проводимые в настоящее время исследования энергетической эффективности функционирования предприятий, в частности агроэкосистем, 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 предприятия), остается за пределами внимания исследователей [7].

Современные представления об агроэкосистеме опираются на традиционные принципы формирования её структуры как системы «вход-выход» («затраты-прибыль»), и чем выход больше, тем лучше. Любая человеческая деятельность направлена на постоянный рост выходных характеристик, однако объективные причины и обратные отрицательные связи выступают в роли сдерживающего фактора; при этом интенсивность деградиционных процессов в заданный момент времени возрастает пропорционально достигнутому их уровню в предыдущий. Повсеместно существующие самоорганизующиеся системы, которые, обмениваясь со средой веществом, энергией и информацией, преобразуют входящий поток МЕИ в иную форму и посредством обратных связей образуют замкнутый контур, нами определены как операционально замкнутые структуры.

В операционально замкнутых системах положительные обратные связи (ПОС) усиливают процессы в системе, увеличивая саму систему в размерах, при этом она переходит в неустойчивое состояние. В результате действия обратной положительной связи система растет по своей массе M (размерам, скорости протекания процессов) пропорционально этой массе: $dM/dt=aM(t)$. Отрицательные же обратные связи (ООС), наоборот, уменьшают (тормозят) скорость протекания процессов в системе, ее размеры до некоторых возможных пределов. Если в системе отсутствуют обратные положительные связи, то она, уменьшаясь, переходит в неустойчивое состояние и разрушается. В результате действия обратной отрицательной связи система развивается по своей массе и другим характеризующим ее параметрам пропорционально отрицательному значению своей собственной величины: $dM/dt=-aM(t)$ [3]. Иными

словами, отрицательная обратная связь постоянно затормаживает развитие системы, снижает нарастание её выходных характеристик.

Операциональная замкнутость самоорганизующихся систем с отрицательными обратными связями предполагает целенаправленное развитие к некоему спонтанно формирующемуся *заданному состоянию*, играющему роль *аттрактора* [4].

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, предполагающих существование законов всеобщего взаимодействия. С другой стороны, меняются во времени и пространству условия - среда, формы *MEI* и их количественные и качественные характеристики. Вследствие этого эволюционируют и системы, буквально «следящие» за изменением условий. Аттрактивные цели являются главным, определяющим заданным состоянием для любых типов систем: косных, живых и социально-экономических.

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 представляет собой центральный порядок, по Гейзенбергу [1], который изменить мы не властны. Человечество движется по определяемому этим центральным порядком пути к некоей цели, которая на современном уровне развития науки в принципе постижима.

С позиций предлагаемой нами методологии [4] агроэкосистема должна рассматриваться как самоорганизующаяся операционально замкнутая структура, выходной поток вещества, энергии и информации которой направлен на увеличение входного потока и, как следствие, на увеличение производительности системы, с учетом затрат на возобновление и восстановление природной среды (обратных отрицательных связей). Теория операционально-замкнутых самоорганизующихся структур позволяет объединить различные взгляды исследователей, дать физическое и экономическое толкование процессам энергообмена и проследить их отображение на функционировании агроэкосистем.

Ныне 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, притормаживали бы дальнейший рост производительности системы. Предприятие, достигнув предельного уровня, 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 (рис.).

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 [4].

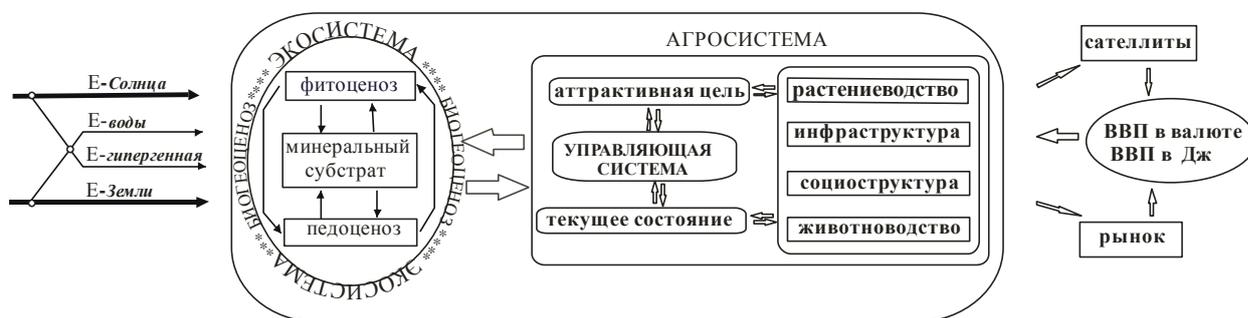


Рис. Структурная схема управления АГС

Существующий в экосистеме «спрос» характеризуется тем, что инвариант структуры, по крайней мере, не должен разрушаться. Иначе говоря, изменение расходов *MEI* в потоках к социосистемам и экосистемам предполагает понижение их совместной энтропии, вплоть до достижения устойчивого состояния – гармонического развития.

Действие отрицательной обратной связи, регулирующей динамику предприятия, например, по объему производимой продукции, осуществляется через соотношения *заданного и текущего состояния* социально-экономической системы: производительность социально-экономической системы, по мере приближения текущего состояния к заданному, стабилизируется.

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 *MEI*. В качестве заданного состояния может выступать и, 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 управления производством 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) агроэкосистем и экосистем, 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 измерениях. В качестве *предложения* со стороны экосистемы выступают плодородие почв, чистота (уровень загрязненности) водных бассейнов и подземных водных источников; биопродуктивность лесопарковых зон и др. [4].

Когда предельные состояния заданы, то насыщение осуществляется пропорционально разности между заданным и текущим состояниями; когда же 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 с управляющими органами, и так, что при необходимости выходные характеристики тормозят дальнейшее нарастание производства или, наоборот, инициируют производительность труда. Заданное состояние должно формироваться под конкретные цели и быть реально выполнимым в конкретных условиях.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, является переход к управлению АГС как целостной самоорганизующейся структурой, функционирующей на принципах операциональной замкнутости и авторегулирования (автокатализа, по Одуму, [8]). Такая система управления ориентирована на развитие АГС, во-первых, за счет постоянных или медленно убывающих внешних (альтернативных) источников энергии, а во-вторых - за счет энергии, вырабатываемой самой системой в замкнутых циклах производства.

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

1. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое / Пер. с нем. М.: Наука, 1989. 400 с.
2. Поздняков А.В. Проблемы самоорганизации и устойчивого развития социально-экономических систем. Томск, 2000.
3. Поздняков А.В. Системно-синергетический подход к исследованию геосистем // Земная поверхность, ярусный рельеф и скорость рельефообразования: Материалы Иркут. геоморф. семинара. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2007. С. 223-225.
4. Поздняков А.В., Шуркина К.А. Новый методологический подход к анализу функционирования агроэкосистем // Вестник ТГУ, 2008 (в печати).
5. Шуркина К.А. Энергетическая оценка возможных рисков функционирования агроэкосистем как операционально замкнутых структур // Седьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Материалы конф. Томск: Аграф-Пресс, 2007. С. 214-217.
6. Шуркина К.А. Методологические аспекты энергетической оценки эффективности функционирования экосистем // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Т. 1. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2007. С. 220-221

7. Ksenia Shurkina, Alexander Pozdnyakov. Energy estimation of efficiency of functioning of agroecosystem // Studying, Modeling and Sense Making of Planet Earth: International Conference. University of the Aegean. Mytilene, Greece. 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aegean.gr/geography/earth-conference2008/papers/papers/B04ID071.pdf>
8. Odum Howard T. Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making. N.-Y., 1996. 370 с.