

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ф. Н. Гарипов, З. Ф. Гарипова, Х. Н. Гизатуллин

В статье рассматриваются методологические проблемы оценки энергетической эффективности производственно-экономических систем на примере аграрного сектора экономики, в котором величина энергетического выхода определяется преобразовательной деятельностью природы. Цена проблемы состоит в содействии возвращению России продовольственной независимости при объективных природных условиях.

Обосновывается возможность использования энергетических показателей, обеспечивающих более объективное отражение влияния материально-ресурсных вложений на уровень выхода преобразованной энергии. Такая возможность получается в силу того, что агропродовольственная система, введенные в технологическую схему производства потенциалы минеральных ресурсов и живого труда преобразовываются в энергию органического свойства. Масштабы этой конверсии ограничиваются (определяются) естественными и созданными трудом условиями преобразования. Выявление границ эффективного применения антропогенной энергии становится возможным при сопоставлении энергетических потоков на входе и выходе из производственной системы. Подход этот позволяет получить информацию для корректировки (оптимизации) величины и структуры энергетического потенциала органического свойства.

Конец 70–80-х гг. прошлого столетия сопровождался острыми дискуссиями по вопросам поиска механизма управления народным хозяйством и его отраслями в условиях развитого

социализма. Особое место занимали дискуссии по проблемам ценообразования на товары как производственного, так и продовольственного назначения.

В связи с этим один из авторов настоящей статьи вспомнил научную дискуссию относительно ценообразования на промышленную продукцию, предложенную выдающимся ученым-физиком, председателем Уральского научного центра АН СССР академиком С.В. Вонсовским.

В этой дискуссии академик С.В. Вонсовский выдвинул гипотезу о возможности и необходимости оценки промышленной продукции с позиции затрат энергетических ресурсов. Другими словами, если определить совокупные затраты энергоресурсов при производстве продукции для конечного потребления в сопоставимых единицах, то оценка любого продукта (в народном хозяйстве их более 20 млн наименований) будет выражаться как функция от энергозатрат.

Время обострило интерес к проблеме энергетических ресурсов и вопросам рациональности их использования. Особым толчком явился энергетический кризис 70-х годов, сопровождавшийся экономическим спадом, ростом безработицы и высокими темпами инфляции. Перспективы экономического и социального развития все теснее стали рассматриваться через призму эффективности использования запасов энергии и, в первую очередь, ее ископаемых источников. В то же время, несомненно, важен системный подход к этой проблеме и необходимо чаще обращаться к взаимообусловленности эффективности энергетических источников, потоки которых взаимодействуют в природных и созданных человеком экономических системах.

Приложение законов энергетики к изучению экономических явлений было предпринято еще в XIX в., в частности украинским исследователем С.А. Подолинским. Он стремился связать физическое учение об энергии и экономическое учение, рассмотреть развитие человеческого труда с энергетической точки зрения. Именно развитый С.А. Подолинским подход позволил уяснить роль человеческого труда в увеличении производства энергии, в способности его к преобразованию солнечной энергии в энергию более высокого вида. Тем самым ему удалось показать роль человеческого труда в увеличении запасов энергии, в расширении запасов продуктов питания и повышении качества солнечной энергии.

В развитие проблемы внесли свой вклад русский физик Н.А. Умов, несколько позже — К.А. Тимирязев, В.И. Вернадский, Н.М. Федоровский, А.Е. Ферсман и др. В 1928 г. В.И. Вернадский поставил проблему энергетического

выражения естественных производительных сил, их количественного учета с помощью «некоторой единицы измерения» [1]. В 1935 г. Н.М. Федоровский строит новую классификацию полезных ископаемых, в основу которой положен энергетический принцип — себестоимость различных видов полезных ископаемых при этом исчисляется в условных величинах энергоемкости. Тем самым достигается единство в энергетической оценке многообразных технологических процессов добычи и переработки полезных ископаемых [4].

Занимались этой проблемой видные исследователи и в более позднее время. Интерес к ней не ослабел и в наши дни. Однако в России этой проблеме применительно к агропродовольственной сфере исследователи не уделяют должного внимания. В научной литературе встречается всего несколько статей В. Тарана и А. Миндрин [3, 2]. Тем не менее, изучение энергетических соотношений между природными ресурсами и трудом человека позволяет связать в одно целое проявления химической, биологической и социальной сторон развития.

Энергетический анализ, в отличие от стоимостной оценки затрат и выпуска, позволяет количественно оценить различные виды энергии, сопоставить отрасли экономики по энергозатратам, по выпуску полезной энергии. При этом выражается энергетическая эквивалентность эффективности различных видов производства и обеспечивается характеристика превышения на определенную величину произведенной энергии над тем ее количеством, которое потребляется в процессе производства.

С переходом к рыночным условиям хозяйствования и вступлением России во Всемирную торговую организацию, с существенным подорожанием на мировом рынке энергоресурсов (нефти и природного газа) проблемы ценообразования на продукцию промышленности, особенно отраслей агропромышленного комплекса, приобретают особое значение и растущую зависимость от удельного значения потребления энергетических ресурсов.

Идея о необходимости более жесткой увязки цен с энергоемкостью продукции высказывалась еще в середине двадцатого столетия. Для этого необходимо было рассчитать затраты энергоресурсов на единицу производимых товарных продуктов: например, определить величину затрат энергоресурсов на производство одной тонны прокатной продукции в сталелитейном цехе, или на выпуск 1 кг хлеба с учетом всей цепочки технологического процесса

(вспашка земли, посев, уборка урожая и т. д.) получения продукта конечного потребления.

Сказанное выше можно записать, используя модель межотраслевого баланса В. Леонтьева.

Пусть в народном хозяйстве страны производится n видов товарных продуктов x_1, x_2, \dots, x_n и y_1, y_2, \dots, y_n — конечного продукта, α_{ij} — величина j -го вида продукта, используемая на производство i -го продукта, тогда классическая модель межотраслевого баланса запишется уравнениями

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j + y_i = x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Параметры модели (1) можно рассматривать как функции от затрат энергоресурсов (в джоулях).

Тогда модель (1) будет иметь следующий вид:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij}(q) x_j(q) + y_i(q) = x_i(q), \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Если $B_i = \max x_i(q)$, то есть максимальное значение производства продукции i -й отрасли, тогда вполне реально поставить оптимизационную задачу максимизации конечного продукта при ограничениях на выпуск валового выпуска по отраслям.

Такая модель может быть записана в форме:

$$\max \sum_{i=1}^n y_i(q)$$

при условиях:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}(q) x_j(q) + y_i(q) &\geq 0 \leq B_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \\ x_j(q) &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad y_i(q) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (3)$$

Если обозначить двойственные оценки ограничений задачи (3) через $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n$, то будем иметь равенство (согласно теории двойственности)

$$\sum_{i=1}^n B_i \bar{y}_i = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i(q),$$

где $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n$ — представляют основы ценообразования на уровне народного хозяйства, вычисленные с учетом полных затрат энергоресурсов.

Описанная процедура очень громоздкая. Она была бы оправдана для регулирования планового хозяйства. Поскольку цены на энергоресурсы меняются чуть ли ни каждый день, то целесообразно вести расчеты по следующей упрощенной формуле:

$$P_j = q_j \mu,$$

где P_j — цена единицы j -го продукта; q_j — удельный расход энергоресурса на единицу j -го вида продукта; и — цена единицы энергоресурса в джоулях.

Теперь сказанное можно проиллюстрировать на примере продуктов (товаров) агропромышленного комплекса.

Заметим, что в достижении устойчивости аграрного развития, в решении продовольственной проблемы на современном этапе хозяйствования ключевой задачей выступает управление энергетическими потоками. Главной целью при этом является повышение коэффициента использования естественной солнечной энергии и антропогенной — производимой человеком.

Многочисленные научные данные свидетельствуют, что при увеличении выхода полезной энергии с единицы возделываемой площади в аграрном секторе не удастся избежать возрастания удельной энергоемкости продукции. И при этом, как правило, каждая приростная единица продукции поглощает большую массу энергии невозобновляемых ресурсов. Доминирующая ныне технология получения пищевой энергии в аграрном секторе направлена на рост поглощения антропогенной части совокупного объема энергозатрат, и практически малоподвижно значение естественного ее источника. Природная сила земли, связанная с созданием свободной (избыточной) части энергии, которую можно изъять из естественного потока без ущерба восстановительным процессам, хотя и различается по природно-климатическим зонам, но внутри них остается преимущественно малоподвижной величиной. Без серьезного прорыва именно в этой части проблемы обеспечение прироста воспроизводства пищевых энергетических ценностей будет связано с всевозрастающими вложениями энергии невозобновляемых источников. Поэтому решение проблемы рационального использования энергетических ресурсов при воспроизводстве продовольственных ресурсов прежде всего и в наибольшей мере обуславливается эффективностью потоков антропогенной энергии.

В литературе принято различать прямые и косвенные энергетические затраты антропогенного происхождения. Часть энергетических ресурсов потребляется, непосредственно влияя на формирование показателя энергетических ценностей в аграрной сфере, взаимодействуя с природными естественными процессами, в том числе с потоком естественной энергии. Эту группу составляют так называемые прямые энергозатраты. К ним относятся энерго-

ресурсы, потребляемые, как правило, в одном технологическом цикле, в частности расход горюче-смазочных материалов (ГСМ), затраты электроэнергии, затраты труда, а также и твердых энергоносителей (уголь, дрова, торф), газа, отводного тепла и пара, которые непосредственно утилизируются в одном технологическом цикле аграрного производства.

В рекомендуемой классификации антропогенных энергетических потоков к косвенным предлагается относить энергозатраты, связанные с изготовлением средств производства, обычно относимых к активной части основных производственных фондов. Это, прежде всего, технологические машины и другое силовое мобильное и стационарное оборудование, стройматериалы, органические и минеральные удобрения, химические средства защиты, применяемые в аграрном производстве. Сюда же рекомендуется относить и энергию, расходуемую на добычу, переработку и пространственное перемещение самих энергоносителей (нефть, уголь и т. п.) и природного сырья для получения металлов, используемых впоследствии для изготовления машин и орудий для аграрного производства. В результате к косвенным затратам энергии отнесены ресурсы, отличающиеся как по характеру создаваемых ими энергетических потоков, так и по способу и времени (длительности) переноса аккумулированной энергии. Косвенные затраты поэтому приходится дробить на две группы: энергоресурсы, заключенные в материально-технических средствах и поглощаемые в аграрном производстве в течение нескольких технологических циклов, и энергетические источники, целиком потребляемые в процессе одного производственного цикла (удобрения, химические средства защиты и т. п.).

На наш взгляд, с учетом характера образования энергетических потоков, способа преобразования и в целях обеспечения практически приемлемого метода анализа эффективности энергозатрат представляется целесообразным ресурсы удобрений и химических средств защиты растений и животных относить к прямым энергозатратам. В пользу этой позиции и то, что эти энергетические ресурсы оказывают непосредственное и прямое влияние на формирование в аграрной сфере энергетических ценностей, перенеся основную массу заключенного потенциала в одном технологическом обороте (цикле).

В производственной системе, вырабатывающей энергетические ценности, каковой является агропродовольственный комплекс, име-

ется возможность оценить результаты функционирования в энергетических измерителях, т. е. в натуральных показателях. Полученная при этом оценка дает более точное, чем при использовании стоимостных категорий, отражение материально-ресурсных издержек и их отдачи. Использование же для этих целей стоимостных показателей, несомненно, приближает к результатам оценки по натуральным показателям и в большей степени выражает сложившиеся конъюнктурные состояния хозяйственных связей, достаточно нестабильных и порою случайных, что неизбежно в рыночной среде. Однако отсюда и сложность мониторинга процесса и предвидения будущего конечного результата.

Агропродовольственная система, потребляя минеральные ресурсы, преобразовывает их потенциал в энергию органического свойства, которая уже может быть использована непосредственно как продукт конечного потребления для обеспечения жизнедеятельности человека. И этим обстоятельством обуславливается возможность сопоставления различных источников энергетических ценностей по эффективности преобразовательной силы и по основной, т. е. целевой, их принадлежности, а также сравнения их по степени удовлетворения энергетического спроса конечного потребителя. Таким образом, допустимо сведение в общий баланс потенциалов, заключенных в различных продуктах, как возможность обеспечения человека энергетической ценностью пищевых продуктов. С точки зрения их функциональной принадлежности это вполне реально.

В то же время выработка энергии пищевого характера — результат конверсии энергии. Результативный показатель при этом обуславливается естественными возможностями преобразования, т. е. природными границами утилизации (коэффициентом конверсии) энергии минерального источника. Выявление этой динамики, количественная характеристика «поглощительной эффективности» имеют практическое значение. Оно заключается в установлении границ эффективного применения (вложения) энергии в земледелии и возможности корректировки структуры производства органического энергетического потенциала.

Превращение энергии минеральных источников в энергию органического свойства дает основание сопоставить их с точки зрения количественной оценки (характеристики) этих потоков в агросфере, т. е. соотнести выход энергии и количество потребленной для этого

энергии. Это соотношение позволяет определить коэффициент энергетической эффективности в земледельческой сфере.

Однако в аграрной сфере имеет место и вторичная конверсия, т. е. преобразование потенциальной энергии, заключенной в растительных продуктах, в энергетические ценности продуктов животноводства. При этом определенная часть энергии растений непосредственно расходуется на поддержание физиологических параметров организма самого животного, преобразующего исходную энергию. Эта часть растительной энергии, таким образом, участвуя в конверсионном процессе, в целом не влияет на количество вновь создаваемой энергии непосредственно, хотя, понятно, без этой как бы безрезультатно поглощаемой части данный процесс невозможен в принципе. Таким образом, с этой точки зрения животное, как биологическая преобразующая энергию система имеет свой коэффициент выхода полезной энергии, т. е. свой КПД.

В результате оценки энергетической ценности продуктов земледелия можно получить характеристику конверсионной энергетической эффективности преобразования минерального потенциала в энергию органическую. Этот подход обеспечивает измерение первичной энергетической эффективности. Перевод же продуктов животноводства в энергетические ценности и их учет при определении общего количества энергосодержания аграрной сферы в целом позволяют получить комбинированную характеристику эффективности всего аграрного производства, содержащую и конверсионную энергетическую эффективность (вторичного порядка). В сущности, при этом достигается энергетическая оценка эффективности структуры производства, т. е. соотношения двух видов продуктов: растениеводства и животноводства.

Однако при этом необходимо иметь в виду, что получение равновеликой энергетической ценности животного происхождения происходит с поглощением на несколько порядков большей энергии продукции растениеводства. Эффективность конверсии в то же время существенно различается по видам животноводческой продукции (примерно в девять раз), и наибольшее значение она имеет при производстве молока и продуктов птицеводства, соответственно, 23–38 и 25–31%, а наименьшее — при производстве говядины (5–10%) и баранины (10–13%).

В экономически развитых странах около половины производимой товарной продукции растениеводства, потенциально пригодной для

питания человека, используется для превращения в более ценный животноводческий продукт, хотя при этом и происходит сокращение продовольственного потенциала. В то же время именно соотношение растительной и животноводческой продукции формирует возможность организации полноценного питания. Причем более высокая доля животноводческих пищевых ценностей в рационе свидетельствует о прогрессивности структуры питания.

Ввиду того, что аграрный сектор использует одновременно энергетические ресурсы двух источников, воспроизводство продовольственных ресурсов осуществляется, во-первых, самой природой в ходе естественного кругооборота энергетических ценностей; во-вторых, в результате целенаправленного влияния на природные факторы, при взаимодействии с которыми образуются энергетические ценности пищевого характера.

Первое направление энергопотребления реализуется практически без вмешательства человека, когда формирование продовольственных ресурсов происходит при взаимодействии природного потенциала Земли с энергией, поступающей из Вселенной. При этом роль вмешательства человека ничтожно мала, и возможности создания биоресурсов реализуются практически чисто природными силами. Конечный потребитель этой вновь созданной природой энергетической ценности — человек — реализует в своих действиях лишь ограниченную задачу: он изымает такую ее часть, отсутствие которой не оказывает отрицательного влияния на естественный кругооборот и не наносит вред восстановительным возможностям природной среды. Эта сфера работает практически автономно. Но ее естественные пределы (ограничения) весьма жесткие. Продуктивность этой системы воспроизводства предельно рациональна, уязвима и направлена, прежде всего, на сохранение возможности не утрачивать способности к естественному кругообороту в изначальных параметрах.

С ростом технической вооруженности человека, обуславливающей многократное возрастание его возможности воздействия на природные составляющие этого кругооборота, и с повышением производительной силы его труда создаются предпосылки для реального влияния на процессы формирования массы органического вещества. Это действие преследует преимущественно две цели:

— увеличить выход биомассы, воздействуя на определенные этапы технологического цикла;

— через индустриализацию выполнения отдельных рабочих процессов облегчить труд самого человека и сделать это воздействие на результат более масштабным.

Конечный результат складывается, таким образом, в результате взаимодействия естественной и антропогенной энергии, и этот момент есть основа создания пищевых ресурсов. Соотношение этих двух видов энергии в принципе и определяет глобальную результативность (эффективность) цикла производства пищевых ресурсов. Естественно, чем меньше доля антропогенно воспроизводимой части потенциала, тем более эффективен в целом этот процесс. При всей очевидности этого факта нужно иметь в виду и то, что эти два вида энергии подвержены каким-то временным тенденциям изменения. Ибо трудно представить, что развитие их может иметь беспредельную перспективу в части сохранения соотношения влияния на формирование конечного результата.

Накопленный опыт и современный уровень познания естественных законов склоняют скорее к мысли о том, что период действия естественного природного фактора может быть несравненно более длительным, чем антропогенного, базирующегося на использовании невозобновляемых источников ископаемой энергии. Потенциал антропогенной энергии, связанный с преобразованием природного ее источника, с каждым циклом воспроизводства, в том числе и в агросекторе, количественно (ее природный источник) убывает. Компенсирующим моментом неизбежного сокращения природных запасов может стать лишь более эффективная утилизация их при использовании в этих целях. Но при этом, в этом направлении будет действовать и возможное относительное сокращение доли антропогенной энергии в конечном результате.

Принципы реализации этой глобальной задачи общеизвестны и сопряжены с преодолением весьма сложных технологических задач, лежащих в сферах преобразования потенциальной энергии природных ископаемых и существенного повышения (целенаправленной деятельностью человека) эффективности и качества рассеянной естественной энергии космического излучения.

В силу сказанного выглядит естественным в длительной перспективе усложнение динамики энергообеспечения с целью не только достижения прироста выработки пищевой энергии, но и поддержания современных ее параметров за счет привлечения энергетиче-

ских ресурсов невозобновляемых источников. В связи с неизбежностью отмеченного существует острая необходимость в изучении энергетической эффективности аграрного блока хозяйствования и во всестороннем учете энергозатрат в этой сфере, а также в разработке программы энергоресурсосбережения.

С другой стороны, в локальном плане в последние годы все более зрима дефицитность энергоресурсов, которая приводит к снижению показателей вложения энергии в земледелии. Более того, смена механизма хозяйствования и переход к рыночным способам регулирования производственных отношений обусловили повышенную нестабильность ценового фактора, и не всегда удается уловить объективную картину при оценке хозяйствования в стоимостном лишь измерении. Природа ценовых показателей такова, что они недостаточно ясно отражают соотношение потребленных материально-технических и трудовых ресурсов и эффекта их применения в виде преобразованной энергии, в частности с пищевой ценностью продуктов. В то же время мониторинг отдачи энергетических вложений дает более четкую динамику применения менее подверженных конъюнктуре рынка и рыночной экономики натуральных энергетических показателей.

Таким образом, с ростом масштабов суммарного количества поглощенной энергии, производственная система, функционирующая, в том числе и за счет внешней энергетики, начинает испытывать «угрозу» пополнения ресурсами продуцирующего начала, обеспечивающими ее эффективное функционирование.

Отличие агропродовольственной производственной системы от других воспроизводящих потребительские блага систем в том, что она как базирующаяся на двух энергетических источниках — естественном и антропогенном, не может приостановить полностью продуцирование в результате влияния второго источника внешнего воздействия, а реагирует лишь количественным сокращением результата. Система эта имеет как бы повышенную степень защиты. Но в то же время поскольку она продуцирует первичные условия жизни людей, полное прекращение ее функционирования недопустимо.

Для определения энергетической эффективности аграрного сектора требуется достичь возможности соотнесения (сравнения) разных вещественных компонентов и результатов производства, не выражая их в традиционных стоимостных измерителях (топливо, удобрения, электроэнергия, затраты труда в

человеко-часах и т. п.). Поиск такой ситуации связан с обоснованием другого универсального измерителя, выражающего потенциал потребляемых в процессе производства ресурсов и получаемых в результате поглощения их энергии продуктов. Причем при стоимостной оценке ресурсов, вкладываемых в производство, за основу выражения их количественных и качественных параметров принимается величина издержек их выработки и сложившаяся рыночная конъюнктура. Таким образом, главной целью не является потенциал, заключенный в данном ресурсе, ради которого он и приобретает и вовлекается в технологический процесс производства. Это обстоятельство, несомненно, отвлекает от характеристики прямого назначения ресурса, и в результате недостаточно оценивается участие ресурса в формировании потребительского эффекта.

Поэтому измерение энергетических ресурсов, потребляемых в технологическом цикле получения конечного энергетического эффекта, в натуральных, т. е. непосредственно в энергетических показателях, предпочтительнее, ибо оно точнее выражает уровень соответствия их основному предназначению. Использование же стоимостной оценки как бы скрадывает и непосредственно не раскрывает истинного уровня возможной утилизации потенциала того или иного ресурса как источника энергии и может исказить оценку заключенного в нем потенциального эффекта.

Кроме того, непосредственно энергетическая характеристика становится возможной и предпочтительной в силу специфики отрасли производства, где используются эти ресурсы. Аграрная сфера, потребляющая выработанные человеком энергоресурсы, сама также воспроизводит энергетические ценности, потенциально воплощенные в продовольственных продуктах. Следовательно, результат производства в этой сфере может быть рассмотрен с точки зрения накопленного энергетического потенциала пищевых продуктов. Таким образом, имеется теоретическая основа (корректность, допустимость) соизмерения или соотношения вкладываемой и получаемой энергий, являющихся различными по происхождению.

Разумеется, весь результат произведенных в агросфере энергетических ценностей не может быть полностью отнесен к эффекту потенциала антропогенной энергии. В создании и определении размера энергетического продовольственного потенциала непосредственно, и как бы первично, участвует природная энергия, в частности солнечное излучение, дающее

тепло, и другие компоненты лучистой энергии, а также естественная влага и питательные вещества почвы, образующиеся в ходе природного кругооборота. В то же время практическое (реальное) соотношение влияния их на формирование конечного результата может определяться только одним из факторов, участвующих в воспроизводственном цикле. Таковым может быть не только природная составляющая, хотя она обязательна, и непосредственно влияет на процесс формирования массы биологического урожая. Конечный хозяйственный результат определяется и величиной искусственной энергии (например, нехватка топливного энергоресурса может обусловить снижение реального выхода энергетических ценностей в период сбора урожая, влияет на полноту хозяйственного эффекта по отношению к биологическому эффекту).

Для разработки методического подхода к созданию инструментария характеристики энергетической эффективности агропродовольственной производственной системы приходится решать проблему выражения вырабатываемых ею различных продуктов в энергетических измерителях. Это достигается выполнением ступенчатых оценок физической массы продукции, имеющей пищевую ценность, и количества энергетической ценности, потенциально заключенной в ней. Получаемая таким образом сумма энергетического потенциала различных видов продовольственных ресурсов и дает значение числителя.

Расчет значения знаменателя связан с оценкой количества искусственной энергии, поглощенной в технологическом цикле выработки пищевых ресурсов. В качестве антропогенных источников энергии нами оценены моторное топливо, электроэнергия, минеральные удобрения и труд человека. Путем использования соответствующих коэффициентов перевода (они опубликованы в различных источниках) все эти 4 вида энергетических источников выражены также в джоулях. Соотнесением числовых параметров выхода энергетической ценности в джоулях (числителя) с количеством израсходованной антропогенной энергии (знаменателя) получаем коэффициент энергетической эффективности аграрного производства.

Энергетическая эффективность аграрной экономики характеризуется, таким образом, соотношением полученных в течение года энергетических ценностей сельского хозяйства и совокупных затрат овеществленных энергетических ресурсов и живого труда. При этом для оценки результативности энергопотре-

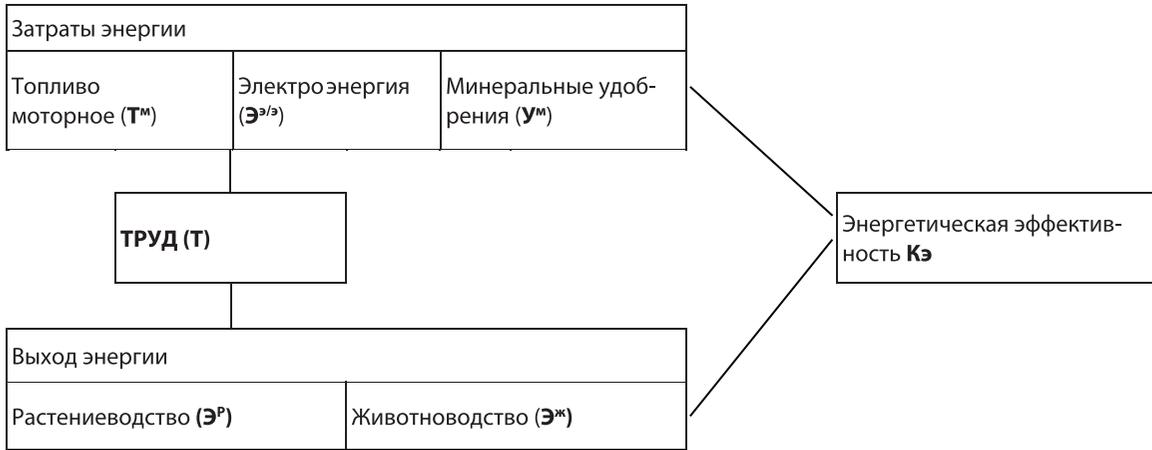


Рис. Принципиальная схема расчета энергетической эффективности агропродовольственной системы

бления на базе данных статотчетности в числитель кроме растениеводческой продукции вводится показатель энергетической ценности продуктов животноводства. И это позволяет пользоваться данными существующей годовой статотчетности, где энергозатраты даются без подразделения расходов по отраслям сельского хозяйства. Обосновывается необходимость этого еще и тем, что энергетические ресурсы в определенной части используются и для производства животноводческих продуктов. Таким образом, учет в числителе энергетического потенциала продукции животноводства позволяет получить сводное, или интегральное, значение энергетической эффективности аграрного производства.

Таким образом, коэффициент энергетической эффективности определяется делением общего объема продуктов сельскохозяйственного производства, выраженного в энергетических измерениях, на совокупное значение энергетических затрат при их производстве и труда человека. Принципиальная схема расчета энергетической эффективности агропродовольственной системы представлена на рисунке.

При этом формула для расчета принимает вид:

$$K_э = \frac{\sum_{i=1}^5 \mathcal{E}_i^p + \sum_{k=1}^3 \mathcal{E}_k^ж}{\sum_{j=1}^2 T_j^м + \mathcal{E}^{\text{э/э}} + \sum_{v=1}^3 Y_v^м + T_т}, \quad (4)$$

где $K_э$ — коэффициент энергетической эффективности; $\sum_{i=1}^5 \mathcal{E}_i^p$ — энергосодержание продуктов растениеводства, ГДж; $\sum_{k=1}^3 \mathcal{E}_k^ж$ — энергосодержание продуктов животноводства, ГДж;

$\sum_{j=1}^2 T_j^м$ — энергетический эквивалент использованного моторного топлива, ГДж; $\mathcal{E}^{\text{э/э}}$ — энергетический эквивалент потребленной электрической энергии, ГДж; $\sum_{v=1}^3 Y_v^м$ — энергетический эквивалент использованных минеральных удобрений, ГДж; $T_т$ — энергетический эквивалент затраченного труда, ГДж; I — вид растениеводческой продукции; k — вид животноводческой продукции; j — вид моторного топлива; v — вид минеральных удобрений.

Энергетическая ценность сельскохозяйственной продукции исчисляется отдельно для каждого вида: по растениеводству по 5 продуктам — зерно, картофель, сахарная свекла, подсолнечник, овощи; животноводству по 3 продуктам — мясо, молоко, яйца. Расчет энергосодержания растениеводческого продукта производится по формуле:

$$\mathcal{E}_i^p = m_i^p K_i^{\text{пл}}, \quad (5)$$

где \mathcal{E}_i^p — энергетическая ценность i -го продукта растениеводства, ГДж; m_i^p — количество i -го продукта, т; $K_i^{\text{пл}}$ — энергетическая ценность единицы i -го продукта растениеводства, ГДж.

Расчет энергосодержания животноводческого продукта производится по формуле:

$$\mathcal{E}_k^ж = m_k^ж K_k^{\text{жпл}}, \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_k^ж$ — энергетическая ценность k -го продукта животноводства, ГДж; $m_k^ж$ — количество k -го продукта животноводства, ГДж; $K_k^{\text{жпл}}$ — энергетическая ценность единицы k -го продукта животноводства, ГДж.

С целью получения более достоверного результата энергетические ценности следует определить по среднему показателю объема продукции за несколько лет.

Сумма энергосодержания отдельных продуктов растениеводства и животноводства дает количественное выражение числителя в энергетических единицах. Для получения значения знаменателя оцениваются энергетические эквиваленты отдельных составляющих энергозатрат, т. е. потребленного топлива моторного, электроэнергии, минеральных удобрений и труда.

Энергетический эквивалент представляет собой суммарные затраты энергии (прямые и косвенные), израсходованной непосредственно на производство самого ресурса. Затраты энергии на производство бензина приняты 54,5 МДж/кг, дизтоплива — 52,8 МДж/кг, а на производство 1 ГДж теплоты требуется 1,38 ГДж энергии. Показатели энергетических эквивалентов единицы топлива моторного и электроэнергии позволяют преобразовать их израсходованное количество в тоннах и кВт·ч в соизмеримый показатель энергозатрат — в джоули.

По значению энергоемкости производства отдельных видов минеральных удобрений (физические объемы их пересчитываются на действующее вещество и принимаются средние значения энергоемкости для азотных удобрений 86,8 МДж/кг, фосфорных — 12,6 МДж/кг, калийных — 8,3 МДж/кг) и их израсходованного количества рассчитываются соответствующие показатели энергетической эквивалентности минеральных удобрений в джоулях. Для исчисления энергетического эквивалента примененного труда используется формула:

$$T_3 = N_c \cdot A \cdot k, \quad (7)$$

где T_3 — энергетический эквивалент затраченного труда, МДж; N_c — среднегодовая численность работающих, чел; A — трудовая активность одного человека, час в год; k — коэффициент энергетической эквивалентности труда, МДж/чел.-ч.

С инновационной ориентированностью, с технологическим обновлением связаны сегодня главные направления развития в аграрном секторе. Преодоление сложной современной ситуации в этой сфере хозяйства связано с переходом к менее капиталоемким способам ведения производства. Применительно к нашим природно-экономическим особенностям они заключаются, прежде всего, в применении малозатратных технологий производства, основанных на преимущественном использовании передовых приемов повышения продуктивности, биологизации земледелия (в частности, щадящих противоэрозийных обработок почвы, связанных с расширением посевов многолетних бобовых трав, обогащающих почву азотом и дающих ценные ресурсы кормов, и корректировкой структуры производства).

Естественные условия как фактор реализации потенциала искусственной энергии территориально различаются весьма существенно, и поэтому энергетическую эффективность следует рассматривать в увязке с условиями природно-климатических зон, в том числе внутри региона. В Республике Башкортостан, например, самые высокие значения энергоемкости имеет в горнолесной, северной-лесостепной, Зауральской степной зонах. В этих трех зонах сосредоточено около трети пахотных угодий республики. При этом выявлены наиболее энергетически благополучные зоны республики: южная и северо-восточная лесостепная и предуральская степная зоны.

Повышение энергетической эффективности аграрного сектора связано, таким образом, прежде всего с поиском менее энергоемких структур производства и внедрением энергосберегающих технологий в горнолесной, зауральской степной и северной лесостепной природных зонах, с одной стороны, и с другой — приоритетным развитием сельскохозяйственных отраслей в предуральской степной, южной и северо-восточной лесостепной зонах.

Список источников

1. Вернадский В. И. О задачах и организации прикладной научной работы АН СССР. — Л., 1928.
2. Миндрин А. Энергетические эквиваленты производства продовольствия // Международный сельскохозяйственный журнал. — 1996. — № 2. — С. 42-45.
3. Таран В. Сравнительный анализ энергетической эффективности сельскохозяйственного производства России и промышленно развитых стран // Международный сельскохозяйственный журнал. — 1998. — № 1. — С. 67-71.
4. Федоровский Н. М. Классификация полезных ископаемых по энергетическим показателям. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935. — 96 с.

УДК 330.35.01:338.43

Ключевые слова: агропродовольственная сфера, антропогенная энергия, энергетический потенциал, конверсионный энергетический эффект, энергетический эквивалент