

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Вороновский И. Б. к.т.н., доцент (Украина)  
Таврический государственный агротехнологический университет

**Аннотация.** *Рассматривается энергетический анализ агроэкосистемы по сравнению с экономическим. Обоснована энергетическая оценка развития агроэкосистемы.*

**Summary.** *Energy analysis of the agro-ecosystem is considered in comparison with the economic. Sound energy development evaluation agroecosystems.*

Энергетический анализ предусматривает определение расходов всех видов ресурсов и первичной продукции сельского хозяйства (продукции растениеводства) в энергетических единицах (калориях, джоулях и др.), что позволяет достоверно оценить энергетическую эффективность сельскохозяйственной деятельности.

Сельское хозяйство является крупным потребителем технической энергии, в то же время – производителем наиболее ценного для человека вида энергии – энергии химических связей, запасенных в продуктах питания и органическом сырье. В этой системе можно определить как затраченную, так и полученную энергию в одних и тех же единицах – калориях (кал), джоулях (Дж). Энергетические единицы легко переводятся одна в другую: 1 кал = 4,18 Дж. Такой подход дает возможность количественно оценить технологии производства и продукцию агроэкосистем с энергетических позиций и, в итоге, энергетическую эффективность ее получения.

Энергетический анализ по сравнению с экономическим дает более объективную с позиции природы картину состояния системы или процесса. Стоимостные оценки, в отличие от энергетических, могут оказаться некорректными при сравнении эффективности по странам и во времени, так как зависят от конъюнктуры цен на сырье, энергоносители, сельскохозяйственную продукцию и инфляционных процессов.

Подробный энергетический анализ требует рассмотрения основных потоков энергии. В агроэкосистемах используются прямые и косвенные вложения технической энергии.

Под прямыми затратами антропогенной энергии подразумеваются энергозатраты, непосредственно связанные с выполнением работ в агроэкосистемах. К ним относятся расход топлива и смазочных материалов тракторами, комбайнами, самоходными машинами, электроэнергии и органического топлива стационарными установками, трудовые затраты.

Энергетические затраты горючих и смазочных материалов соответствуют их калорийности.

Существенные затраты энергии в агроэкосистемах приходятся на семена, особенно при выращивании культур с большими нормами высева (зерновые, картофель). Оценку затрат на семена можно проводить двумя способами: или по содержанию энергии в семенах, или по фактическим затратам на их производство. Значительное количество электроэнергии используется при хранении семенного материала на вентиляцию и обогрев, которое существенно различается по климатическим зонам.

К косвенным вложениям антропогенной энергии (овеществленным) относятся энергозатраты на изготовление и ремонт средств производства (тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин и орудий), производство удобрений, затраты на отопление и освещение бытовых, производственных сельскохозяйственных помещений.

Аккумуляированные ресурсы энергии переносятся на полученные продукты агроэкосистем в течение одного (средства защиты растений) или многих производственных циклов (трактора, сельскохозяйственные машины, удобрения).

При рассмотрении энергетических потоков в сельскохозяйственном производстве энергетические эквиваленты отдельных приемов неравнозначны экономическим затратам. Они по-разному влияют на урожайность культуры, плодородие почвы, энергетический потенциал агроэкосистемы. По нашему мнению, все энергетические затраты необходимо классифицировать по трем группам.

Прямые кумулятивные затраты (ЕПКЗ). При выращивании культуры сюда относится энергетический эквивалент всех поступающих в почву минеральных и органических материалов, непосредственно влияющих на питание растений, улучшающих свойства почвы и повышающих ее энергетический уровень.

Косвенные кумулятивные затраты (ЕККЗ). Это энергетический эквивалент затрат труда, ГСМ, электроэнергии, твердых энергоносителей, пестицидов.

Косвенные технологические затраты (ЕКТЗ). К данной категории затрат отнесены энергетические затраты на производство сельскохозяйственных машин и техники, стройматериалов, вспомогательной техники, они характеризуют технический уровень возделывания культур, севооборотов и системы земледелия в целом.

Рассмотрим предлагаемые показатели, позволяющие оценить параметры функционирования агроэкосистемы.

Коэффициент энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур (КЭЭ), который представляет отношение энергетического эквивалента урожайности культур ко всем категориям затрат (ЕПКЗ + ЕККЗ + ЕКТЗ). КЭЭ показывает энергетический

эквивалент выращенной продукции, отнесенный к энергетическим затратам.

$$КЭЭ = \frac{V}{ЕПКЗ + ЕККЗ + ЕКТЗ} \quad (1)$$

где  $КЭЭ$  – коэффициент энергетической эффективности,

$V$  – энергетический эквивалент полученного урожая культур, МДж/га.

Биоэнергетический коэффициент (БЭК) – отношение энергетического эквивалента урожая к сумме энергетического эквивалента энергосодержащих материалов, поступающих в почву (удобрения, пожнивно-корневые остатки и др.). Он показывает количество энергии в продукции при учете энергетического эквивалента минеральных и органических удобрений, пожнивно-корневых остатков, сидератов, соломы и других видов ПКЗ.

$$БЭК = \frac{V}{ЕПКЗ} \quad (2)$$

БЭК дает представление о затратах прямой кумулятивной энергии на производство продукции.

Коэффициент технологической нагрузки (КТН) – отношение энергетического эквивалента суммарных затрат материальных энергоносителей, влияющих на почву опосредованно (ККЗ), и энергетических затрат на производство сельскохозяйственных машин, техники, строительных материалов (КТЗ) к урожаю сельскохозяйственных культур. КТН показывает количество техногенной энергии на производство единицы энергии продукции.

$$КТН = \frac{ЕККЗ + ЕКТЗ}{V} \quad (3)$$

Коэффициент полезного действия энергии почвы (КПД ЭП) – отношение энергетического эквивалента урожая сельскохозяйственной культуры к сумме энергетического эквивалента энергосодержащих материалов, поступающих в почву (удобрения, пожнивно-корневые остатки и др.), и энергетического эквивалента органического вещества почвы. КПД ЭП характеризует энергетическую эффективность использования органического вещества, которое имеется в почве и поступает в нее.

$$КПД ЭП = \frac{V}{ЕПКЗ + ЕОВ} \quad (4)$$

где ЕОВ – энергетический эквивалент органического вещества в почве, МДж/га.

Современные интенсивные технологии производства кукурузы в США, запланированы на получения 80 ц/га, общие затраты энергии в пересчете на топливо составляют 690 л/га, в том числе на удобрения и

гербициды – 64 – 67%, на сушку зерна – 29 – 30%, на обработку почвы, посев, внесения удобрений и пестицидов – 3 – 7%.

На применение удобрений и извести, с момента их производства, тратится около 600 МДж/га не возобновляемой энергии топлива – на порядок больше, чем усваивается на гектаре энергии Солнца. Запасы сырья для калийных и фосфорных удобрений не возобновляются. Минеральные удобрения в принципе не могут решить продовольственную проблему планеты. Они лишь увеличивают сумму дотаций для сельского хозяйства.

Динамика изменения затрат энергии на производство продукции растениеводства приведена на рис. 1 и рис. 2.

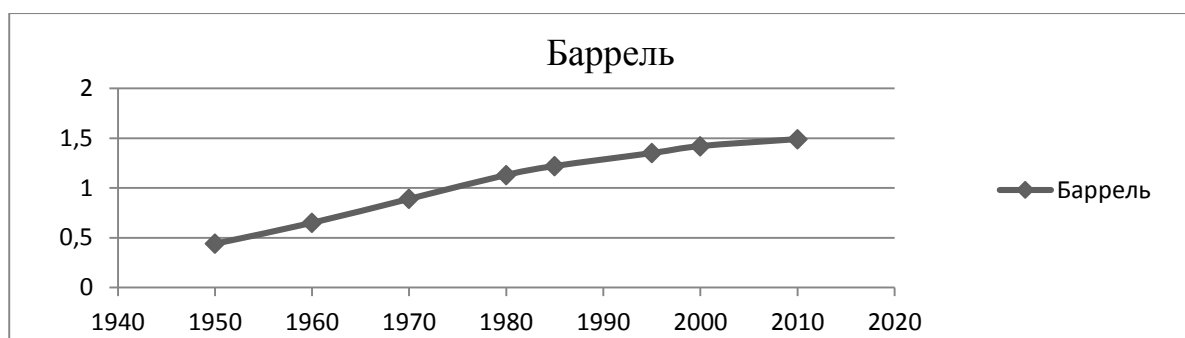


Рис. 1 Удельный расход энергии в баррелях нефтяного эквивалента (н.э.) на производство 1 т зерна.

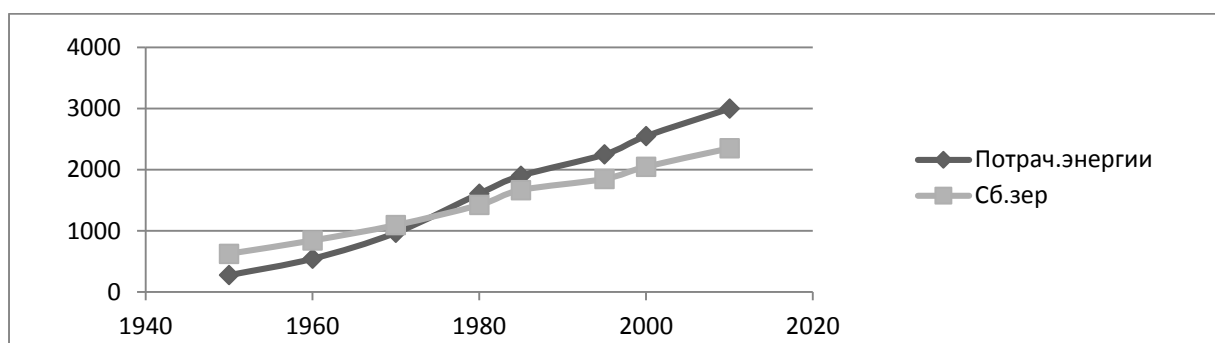


Рис. 2. Затраты энергии в млн баррелей нефтяного эквивалента и сбор урожая зерна, в млн т.

Если поделить энергию урожая на энергию, затраченную на его выращивание, мы получим базовую характеристику разумности сельского хозяйства - биоэнергетический КПД (БЭКПД). В Великобритании 1980-х гг. он был равен 0,12, в США – 0,15, в Болгарии – 0,5, в СССР – 0,46. БЭКПД. Сейчас он продолжает падать – урожаи становятся все более «золотыми».

Расчет БЭКПД по минеральным удобрениям приведен на рис. 3 и рис.4.

Тенденции развития систем земледелия показывают, что более прогрессивные технологии с точки зрения человечества менее эффективны с точки зрения использования потенциала биосферы.

На основании энергетического анализа появляется возможность моделирования. При построении моделей воспроизводства плодородия почвы применяют методы общесистемного анализа. В первую очередь – это выделение из системы отдельных структурных элементов, таких как живые и косные компоненты. Другой важный элемент – установление характера процессов, в которых участвует каждый элемент.

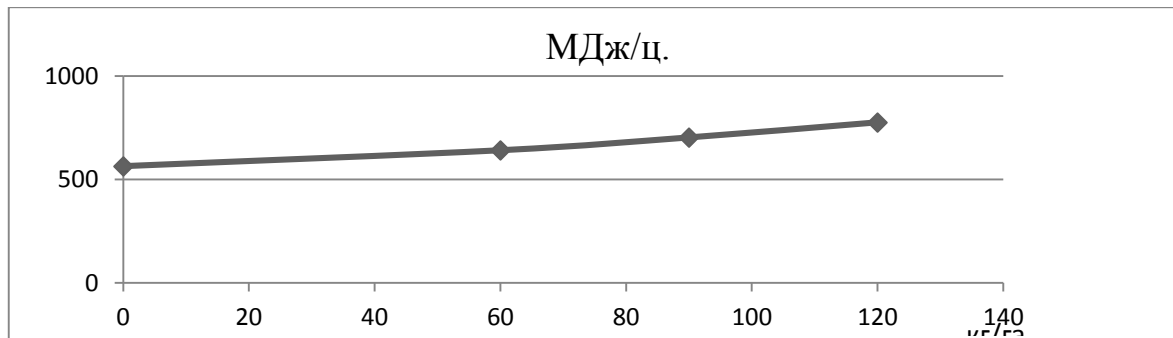


Рис. 3. Внесение минеральных удобрений в пересчете на биоэнергетический коэффициент

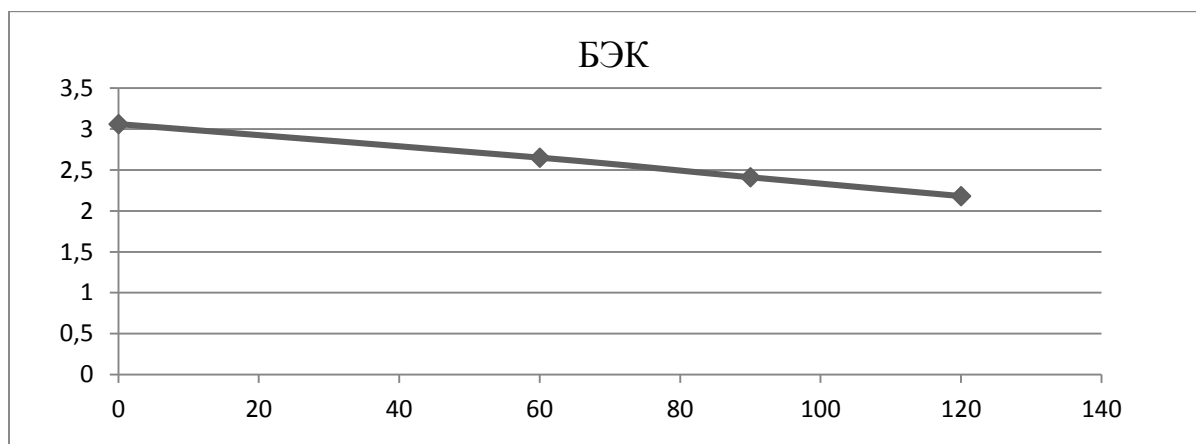


Рис. 4 БЭКПД по минеральным удобрениям.

В данном моделировании используются балансовые компартментальные модели, когда рассматриваются потоки вещества и энергии между составляющими модель компартментами, содержание «вещества» в каждом из которых и представляет собой отдельную переменную системы. Модель должна включать анализ биоэнергетического потенциала сельскохозяйственных предприятий. При помощи составления баланса гумуса можно определить энергетическую оценку 1 га сельскохозяйственных угодий и дать оценку экономико-экологической эффективности использования земли с перспективой дальнейшего целенаправленного управления процессами воспроизводства плодородия почвы.

Баланс гумуса включает статьи затрат и образование гумуса по каждому севообороту и через коэффициенты перевода дает возможность определить энергетическую и стоимостную оценку. Баланс питательных

веществ в земледелии помогает изучить их вынос с почвы урожаем и поступление в почву из других источников.

Энергетический анализ по каждому севообороту позволяет определить энергетические затраты для дальнейшего планирования организации управления потоками энергии и их оптимизации. Результат энергетической оценки зависит только от объективных природных свойств производственных ресурсов, которые используются. Это в свою очередь позволяет определить эффективность использования биоэнергетических ресурсов при выращивании сельскохозяйственных культур в севообороте. Именно, закон сохранения и превращения энергии должен стать основой рационального подхода использования энергетических ресурсов в сельском хозяйстве. Естественная основа теории воспроизводства плодородия почвы закон возврата – частное проявление всеобщего закона сохранения вещества и энергии.

Управление плодородием почвы в современном земледелии должно осуществляться на основе соответствующих моделей. Модель плодородия почвы представляет собой сочетание экспериментально установленных показателей плодородия, находящихся в тесной связи с величиной урожая. Модель плодородия должна разрабатываться для конкретных почвенно-климатических и производственных условий выращивания сельскохозяйственных культур.

Использование энергетического анализа позволяет решать такие задачи:

- - оценить эффективность преобразования энергии из одного вида в другой в технологических и природных процессах, с учетом и без учета качества преобразуемой и получаемой энергии;
- - рассчитать «энергетическую себестоимость» сельскохозяйственной продукции;
- - определить потенциальную возможность агроэкосистемы;
- - оценить величину техногенной нагрузки на агроэкосистемы.

С помощью энергетического анализа можно исследовать процессы, имеющие биологическую природу, что позволяет сделать выводы об изменениях и определении потоков энергии в агроэкосистемах, которые могут обеспечить устойчивое развитие экономики сельского хозяйства.

#### **Список литературы:**

1. Базаров Е. И., Широков Ю. А. Управление энергетическим балансом в интегрированной системе // Вестник сельскохозяйственной науки.– 1986. – № 9.– С. 23–25.
2. Жученко А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве: (методологические и методические рекомендации) // А.А. Жученко, В.Н. Афанасьев / – Кишинев, 1988.–128 с.

## ЗАЯВКА



Вороновский Игорь Богданович.

Таврический государственный агротехнологический университет (ТДАТУ)

к.т.н., доцент кафедры «Гидравлика и теплотехника» ТДАТУ, Украина.

пр. Б. Хмельницкого, 18. г. Мелитополь, Запорожская область. Украина.

Индекс 72312.