

Щеткин Борис Николаевич,
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры
социально-гуманитарных и профессиональных дисциплин
Пермского института ФСИН России
Shchetkin Boris N., Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Professor of the Department of Social,
Humanitarian and Professional Disciplines of the Perm Institute
of the Federal Penitentiary Service of Russia

**ТРИАД СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК
TRIAD SYSTEM MODELING IN THE PROCESS OF DEVELOPING NEW
TECHNOLOGIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

Аннотация. В статье дается технико-эколого-экономическое обоснование эффективности утилизации отходов птицеводства на примере птицефабрик Пермского края. Техничко-эколого-экономическая оценка эффективности создания установки по утилизации отходов птицеводства интересна как в теоретическом, так и в практическом плане. По технико-эколого-экономической оценке, эффективности по переработке отходов птицеводства можно судить о той доле общественного блага, которая теряется при неправильном природопользовании. В практическом плане технико-эколого-экономические оценки эффективности могли бы служить обоснованием для выделения финансирования на строительство подобных объектов. Эффективность природоохранных мероприятий рассчитывается по трем подходам согласно «Временной типовой методике определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиненного народному хозяйству загрязнением окружающей среды».

Abstract. The article delineates technical, environmental and economic grounding of the waste recycling efficiency in aviculture taking Perm region poultry enterprises as an example. The abovementioned issue is interesting both in theoretical and practical aspects. The efficiency of recycling in technical, environmental and economic aspects is the key criterion to evaluate the part of public welfare lost when the environment is misused. In practical sphere technical, environmental and economic evaluation of recycling efficiency could be the ground for investments. The efficiency of environment protection activities is evaluated according to the “Temporary methods of environment protection activities and forthcoming economic damage estimation”.

Ключевые слова: малоотходные технологии; природопользование; отходы птицеводства; технико-эколого-экономическое моделирование; эффективность.

Keywords: low-waste technology; natural resources; waste from poultry processing; technical, environmental and economic modeling; effectiveness.

В настоящее время развитие общеэкономического кризиса на планете протекает параллельно с экологическим. Следовательно, выход из такого кризиса при комплексном анализе хозяйственных реалий невозможен, в том числе и без решения проблем экологического характера. *Цель статьи* – обосновать критерий, связывающий эффективность использования малоотходных технологий с экологическим ущербом. Наличие такого критерия можно рассматривать в качестве первого шага к постановке и решению задачи оптимального сочетания темпов роста технического прогресса с воздействием на окружающую среду.

Для восполнения потерь, причиняемых окружающей среде деятельностью сельскохозяйственных товаропроизводителей (в частности, в настоящее время проблемы птицеводства находятся на грани экологического бедствия), необходимо определение



стоимостных величин экономического ущерба, так как существующие методики во многом несовершенны и не учитывают всего комплекса вреда, причиняемого экосистемам таким видом деятельности [1].

Ввиду создавшегося положения в области охраны окружающей среды возникла необходимость обоснования перехода сельскохозяйственного предприятия на экологически приемлемые способы хозяйствования. При этом отправной точкой должна служить технико-эколого-экономическая эффективность сельскохозяйственного производства – как форма эффективности, одновременно учитывающая технологические, экономические и экологические параметры хозяйственной деятельности.

Одновременный учет указанных факторов позволит сельскому хозяйству более эффективно использовать земельные, водные и лесные ресурсы, что приведет к снижению антропогенной нагрузки на окружающую природную среду.

Ориентация на оптимизацию производства не противопоставляет различные математические средства (технико-эколого-экономическое моделирование), а, наоборот, побуждает искать такие их сочетания, которые бы позволяли на основе многовариантных расчетов найти наилучшие решения. В одних случаях – это быстрее приведет к цели при прямом подборе вариантов в режиме диалога исследователя с ЭВМ, в других – потребуются вся мощь методов математического программирования.

Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его математической моделью и исследовании современными вычислительными средствами математических моделей. Методология математического моделирования бурно развивается, охватывая все новые сферы – от разработки больших технических систем и управления ими до анализа сложнейших технических, экономических и экологических процессов.

Технические, экологические, экономические и иные системы, изучаемые современной наукой, больше не поддаются исследованию (в нужной полноте и точности) обычными теоретическими методами. Прямой натурный эксперимент над ними долог, дорог, часто либо опасен, либо попросту невозможен. Вычислительный эксперимент позволяет провести исследование быстрее и дешевле. Математическое моделирование является в настоящее время одной из важнейших составляющих научно-технического прогресса. Без применения этой методологии в развитых странах не реализуется ни один крупномасштабный технологический, экологический или экономический проект.

Необходимость создания условий не только выживаемости, но и устойчивого развития человечества предопределяет поиск критериев, связывающих развитие материального производства, т.е. техники и технологий, с параметрами, характеризующими уровень сохранения природы в локальном и глобальном масштабах. Именно эти критерии позволят создать научную базу для контроля и управления устойчивостью взаимосвязи и развитием человечества и природы. Указанная проблема стала основной в XXI веке и подлежит разрешению в форме триады «технология–экология–экономика».

Основу математического моделирования составляет триада «модель–алгоритм–программа». Математические модели реальных исследуемых процессов сложны и включают системы нелинейных функционально-дифференциальных уравнений. Ядро математической модели составляют уравнения с частными производными.

На первом этапе вычислительного эксперимента выбирается (или строится) модель исследуемого объекта, отражающая в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т. д. Математическая модель (ее основные фрагменты) исследуется традиционными аналитическими средствами прикладной математики для получения предварительных знаний об объекте.

Второй этап связан с выбором (или разработкой) вычислительного алгоритма для реализации модели на компьютере. Необходимо получить искомые величины с заданной точностью на имеющейся вычислительной технике. Вычислительные алгоритмы не должны искажать основные свойства модели и, следовательно, исходного объекта, они должны быть адаптирующимися к особенностям решаемых задач и используемых вычислительных



средств. Изучение математических моделей проводится методами вычислительной математики, основу которых составляют численные методы решения задач математической физики – краевых задач для уравнений с частными производными.

На третьем этапе создается программное обеспечение для реализации модели и алгоритма на компьютере. Программный продукт должен учитывать важнейшую специфику математического моделирования, связанную с использованием ряда (иерархии) математических моделей, многовариантностью расчетов. Это подразумевает широкое использование комплексов и пакетов прикладных программ, разрабатываемых, в частности, на основе объектно-ориентированного программирования.

Моделирование в том или ином виде присутствует почти во всех видах творческой деятельности. Математическое моделирование расширяет сферы точного знания и поле приложений рациональных методов. Оно базируется на четкой формулировке основных понятий и предположений, апостериорном анализе адекватности используемых моделей, контроле точности вычислительных алгоритмов, квалифицированной обработке и анализе данных расчетов.

Если понимать оптимизацию решений в широком смысле, то становится очевидным, что в современных условиях увеличивается значение фактора времени. При помощи сложных расчетов можно найти множество положительных решений. Вместе с тем, в случае возникновения потребности длительного времени на сбор исходной информации для расчетов, – ценность подобного решения в динамично развивающемся хозяйстве будет крайне низка. Поэтому необходимо сократить затраты времени на всех этапах выработки и принятия решения. Как свидетельствует опыт, это возможно лишь тогда, когда соблюдаются следующие условия [2]:

- осуществляется автоматизированный сбор информации, причем таким способом, который наиболее соответствует конкретным условиям;
- расчеты проводятся так, чтобы минимизировать вероятность неправильного результата и время, требуемого для получения и восприятия выходной информации.

Таким образом, разработка моделей позволит своевременно минимизировать негативные воздействия сельскохозяйственного производства на состояние окружающей природной среды регионов в соответствии с рыночными принципами экономического механизма природопользования, что является чрезвычайно важным при формировании устойчивой в экологическом отношении отрасли.

Одним из критериев устойчивого экологически безопасного развития региона является оптимизация использования ресурсов и уменьшение общего количества выбросов в окружающую среду. Для практического воплощения положений ресурсо-экологической концепции необходима разработка как эффективных экологически безопасных технологий, так и методов превращения ресурсов, особенно вторичных, в качественную продукцию. Проблемы рационального использования ресурсов и борьбы с загрязнением окружающей среды необходимо и целесообразно рассматривать совместно.

Вопросы, связанные с ликвидацией загрязнений, решаются комплексно и включают в себя разработку необходимых методик, материалов и технических средств, с использованием которых проводится локализация загрязнений, очистка загрязненных территорий и восстановление окружающей природной среды. В частности, вопросы рационального использования отходов птицеводческих фабрик необходимо изучать с позиций охраны окружающей среды, экономии природных ресурсов, уменьшения деградации и восстановления природных экосистем.

Создание малоотходного производства в птицеводстве позволит решить ряд важнейших проблем: *экологическую* (полная утилизация помета); *энергетическую* (получение и утилизация биогаза); *агрехимическую* (получение удобрений); *социальную* (улучшение условий труда и создание новых рабочих мест); *экономическую* (снижение платежей и получение прибыли от реализации удобрений, а также повышение плодородия почвы и повышение урожайности сельскохозяйственных культур).



В сельскохозяйственном производстве взаимодействуют природные, технологические, экономические и, безусловно, социальные процессы, а также объективные и субъективные факторы. Технико-эколого-экономическая система предполагает организацию производства по принципу безотходности. Если учитывать, что важным качеством любой системы является эмерджентность – наличие таких свойств, которые не присущи ни одному из элементов, входящих в систему, то при изучении систем недостаточно пользоваться методом их расчленения на элементы с последующим изучением этих элементов в отдельности.

Разработка новых технологических процессов, на основе которых создается безотходное производство, обеспечит не только высокие технико-экономические показатели, но и комплексное использование природных ресурсов. Однако по техническим и экономическим причинам переход к безотходной технологии сразу осуществить невозможно.

Реальный путь экологизации технологии – это постепенный переход сначала к малоотходным, а затем – к безотходным замкнутым циклам (Рис. 1).

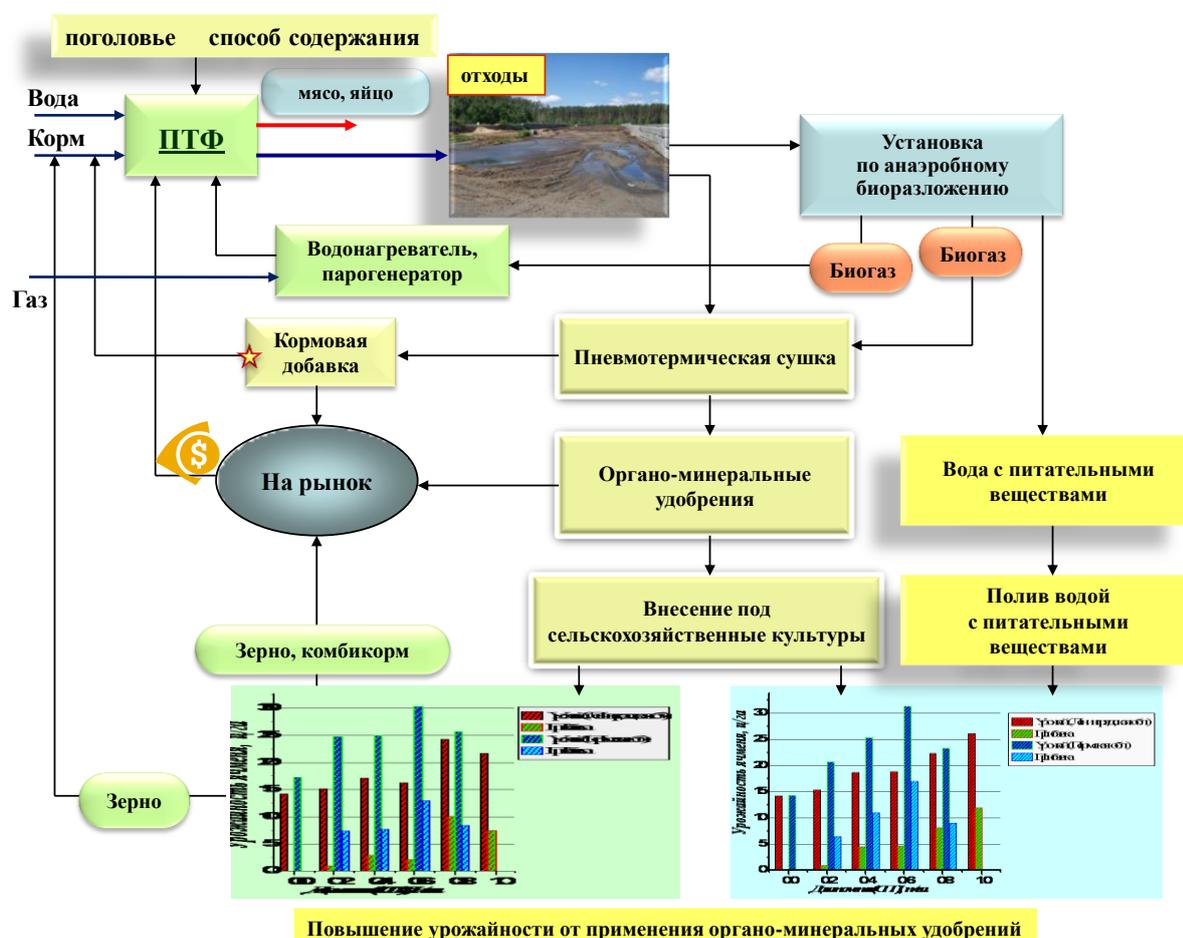


Рис. 1 – Пути решения при управлении отходами в птицеводстве

Тем самым могут быть достигнуты цели рационального природопользования и охраны окружающей среды. Однако не следует для успешной борьбы с экологическим кризисом подвергать новейшую субъективность полнейшему отрицанию. Сегодня отречение от современной техники представляется маловероятным. А вот необходимость (даже обязанность) предварительных оценок экологических и социальных последствий в области новейших технологий в настоящее время налицо, и в тех случаях, когда перевесят негативные последствия (даже в сомнительных случаях) следует отказаться от осуществления своей технической идеи.



С учетом эколого-экономических показателей создается экономико-математическая модель – в виде линейных взаимосвязей экономики природопользования. Модель используется для выявления последствий в эколого-экономической системе от изменения состояния окружающей природной среды в результате антропогенного или стихийного воздействия на нее, а также при определении устойчивости показателей на перспективу. В этом случае модель записывается в матричной форме:

$$|A| \times |X| = |P| \quad (1)$$

За P принимается целевая функция оптимизации эколого-экономической региональной системы. Конкретным выражением P является уровень рентабельности природоохранных мероприятий, т.е.

$$P = (\Pi \pm Y) / O_{\phi},$$

где Π – прибыль от реализации вторичной продукции, полученная в результате подготовки сырья к использованию или санитарной очистки отходов производств от токсичных примесей; Y – величина предотвращенного (+) или наносимого (–) ущерба; O_{ϕ} – величина основных фондов региона.

Природоохранные затраты можно оптимизировать лишь при условии эффективного управления ими. В связи с этим необходимо следить за затратами на осуществление природоохранной деятельности, анализировать их и своевременно представлять руководству предприятия отчеты о расходовании финансовых средств. Выполнение задач подобного рода реально через внедрение на предприятии системы учета и анализа природоохранных затрат.

Начальной стадией определения оптимальных показателей является системная оценка возможного снижения совокупных затрат в производственной и непромышленной сферах региона. Минимум общих затрат Z_{Σ} определяется по формуле:

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Z_{\pi} + \sum_{i=1}^k Z_{c} + \sum_{i=1}^m Z_{\phi} + E_{\pi} K \rightarrow \min \quad (2)$$

где $Z_{\pi} = \sum_{j=1}^s b_j^{\pi} (Y_j - \bar{Y}) \Pi_{1j}$ – потери, обусловленные недоочисткой отходов

производств или недоиспользованием природных ресурсов на предприятиях;

$Z_c = \sum_{j=1}^n b_j^c V_j \Pi_{2j}$ – потери, связанные со сбытом уловленной продукции в системах

промышленной и санитарной очистки сырья и отходов;

$Z_{\phi} = \sum_{j=1}^{\lambda} b_j^{\phi} A_j \Pi_{3j}$ – затраты на эксплуатацию основных фондов, исчисляемых с учетом

амортизации оборудования;

E_{π} – нормативный коэффициент эффективности; K – величина капитальных вложений.

Согласно с «Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиненного народному хозяйству загрязнением окружающей среды» эффективность природоохранных мероприятий, рассчитывается по трем подходам.

1 подход. Эффективность по методу предотвращенного ущерба.

$$Эу = \frac{Y_{пред(t)}}{ПЗ_{(t)}}, \quad (3)$$

где $Y_{пред(t)}$ – предотвращенный ущерб, р.; $ПЗ_{(t)}$ – приведенные затраты, р.

Определение ущерба, наносимого природной среде при выбросах в атмосферу:

$$Y_{выбр.} = q_1 M G f, \quad (4)$$



где q_1 – удельный ущерб или ущерб, наносимый экосистеме сбросами единицы загрязняющих веществ. За единицу принимается 1 у. т. загрязняющих веществ. Для практических расчетов удельный ущерб приравнивается к удельной плате за загрязнение, руб./у.т.; M – приравненная масса загрязняющих веществ; G – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий относительную опасность загрязнения атмосферы над данным типом территории; f – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий условия рассеивания загрязнения в атмосфере.

II подход. Оценка эффективности природоохранных мероприятий по методу абсолютной эффективности.

$$\mathcal{E}_{abc} = \frac{\sum Y_{пред} + \mathcal{E}_i + \Pi_{пред} + \mathcal{E}_{эк} + \mathcal{E}_{соц}}{\sum Z}, \quad (5)$$

где $\sum Y_{пред}$ – суммарный предотвращенный ущерб; \mathcal{E}_i – дополнительный эффект, обнаруживаемый в результате осуществления природоохранных мероприятий в виде продукции, получаемой из отходов, стоков; $\Pi_{пред}$ – предотвращенные потери сырья, материалов, энергии при осуществлении природоохранных мероприятий; i – количество видов эффекта; $\mathcal{E}_{эк}$ – возможный экологический эффект утилизации отходов осуществления природоохранных мероприятий; $\mathcal{E}_{соц}$ – социальный эффект.

III подход. Метод сравнительного эффекта. Используется при сравнении сопоставляемых альтернативных вариантов при осуществлении мероприятий.

В соответствии с этим методом по каждому альтернативному варианту рассчитываются приведенные затраты (Π_3) на основе дисконтирования капитальных вложений.

$$\min \left\{ \begin{array}{l} \Pi_3^1 = C^1 + K^1 E_d \\ \Pi_3^2 = C^2 + K^2 E_d \\ \dots \dots \dots \dots \\ \Pi_3^{n-1} = C^{n-1} + K^{n-1} E_d \\ \Pi_3^n = C^n + K^n E_d \end{array} \right. \quad (6)$$

где Π_3 – приведенные затраты по вариантам; C – текущие затраты по вариантам; K – капитальные затраты по вариантам; E_d – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, или условно – коэффициент дисконтирования.

Определяется тот вариант, где Π_3 минимальны, и именно его предлагают для реализации.

Список литературы:

1. Щеткин Б.Н. Методология и методика технико-эколога-экономической оценки влияния производства на окружающую среду. – Пермь: Изд-во ОГУП «Соликамская типография», 2007. – 230 с.
2. Яндыганов Я.Я., Власова Е.Я., Курилова Е.В. Технология рационального природопользования: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2006. – 299 с.

