# КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАЩЕНИЯ С НАВОЗОМ И ПОМЁТОМ

**Канд. техн. наук А.Ю. Брюханов, асп. И.А. Субботин**
**(ГНУ СЗНИИМЭСХ РАН, г. Санкт-Петербург, Россия)**

*Рассматриваются критерии выбора и оценки технологий обращения с навозом, возникающие при рассмотрении технологий в различных аспектах и необходимые для решения задачи оптимизации технологии обращения с навозом и помётом. Рассматривается формализация критериев, необходимая оптимизации системы на основании критериев наилучших доступных технологий (НДТ).*

***Ключевые слова:*** *экология; навоз; помёт; биогены; плодородие почв; переработка навоза; переработка помёта; утилизация навоза; утилизация помёта; проектирование технологии; экспертная система; система поддержки принятия решений; баланс питательных веществ; наилучшая доступная технология;*

Вопрос снижения негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду в настоящее время весьма актуален. Это связано с укрупнением и концентрацией производственных мощностей с одной стороны и с ужесточением природоохранного законодательства — с другой. Исследования, направленные на анализ структуры негативного воздействия сельскохозяйственного производства показали, что свыше 80% потенциального ущерба окружающей среде связано с негативным воздействием навоза и помёта [1]. Из этого следует, что для повышения экологической безопасности сельскохозяйственного производства в первую очередь необходимо обратить внимание на технологии обращения с навозом и помётом.

Технологическая цепочка утилизации навоза и помёта в общем виде обычно делится на отдельные этапы или операции: навозоудаление, предварительное хранение, транспортировка к месту переработки, переработка, транспортировка к месту внесения и внесение в почву [2]. В зависимости от выбранной технологии в каждой операции могут быть задействованы различные технические средства и сооружения. От данного выбора зависят как экономические, так и экологические показатели сельхозпредприятия [3, 4]. Также, на основании характеристик конкретного хозяйства, прежде всего масштаба, и производительности технических средств, необходимо решить задачу нормирования и определить возможные варианты обеспечения предприятия техническими средствами. Очевидно, что сложность задачи оптимизации технологии обращения с навозом или помётом высока и поэтому для её решения предлагается использовать компьютерную программу — экспертную систему.

Для построения экспертной системы, прежде всего, необходимо произвести ряд действий, связанных с формализацией предметной области данной проблемы и одним из ключевых вопросов является выбор критериев технологий и

технических средств обращения с навозом и помётом. От выбора данных критериев зависят целевая ориентация, востребованность и функциональное назначение экспертной системы.

Для успешной работы с экспертной системой пользователей, не обладающих экспертными знаниями, необходима реализация механизма проверки корректности подбора технологий и технических средств. Для этого необходима разработка критериев применимости, которые определяют возможность применения различных технологий и технических средств для предприятий с определёнными характеристиками. Как правило, возможность применения технологии определяется физико-химическими свойствами навоза или помёта, которые зависят от вида животных и влажности. Это означает, что критерии применимости можно формализовать как условия вхождения вида животных в перечень допустимых для конкретной технологии и вхождения значения влажности навоза или помёта в допустимый для конкретной технологии диапазон. В результате, в процессе диалога пользователя с экспертной системой, становится возможен выбор лишь тех технологий и технических средств, которые допустимо применять для предприятия, параметры которого были введены. Вместе с тем, необходимо понимать, что ряд ограничивающих факторов сложен для формализации, и поэтому рационально использовать диалоговый режим работы пользователя с экспертной системой, при котором экспертная система предлагает один или несколько наиболее оптимальных решений, но конечное решение принимает пользователь.

Для оптимизации технологии обращения с навозом или помётом возможно использование трёх видов критериев — экономических, экологических и комбинированных. Экономические критерии, такие как капитальные и эксплуатационные затраты позволяют выбрать наиболее приемлемый вариант в экономическом плане и данная функциональность экспертной системы весьма интересна производственникам. Экологические критерии позволяют оценить уровень воздействия на окружающую среду, т. е. уровень потерь питательных веществ, прежде всего азота и фосфора. Это также интересно производственникам — экологам предприятий, а также различным государственным органам для принятия научно обоснованных решений. Третий вид критериев — комбинированные, наиболее перспективен. В этом случае происходит выбор технологии с учётом как экологических, так и экономических критериев.

Как правило, экономические параметры находятся в зависимости от экологических, и улучшение экологических характеристик увеличивает затраты [5]. Данное противоречие можно разрешить, определив уровень допустимых затрат на выбор более экологически-безопасных технологических решений, т.е. экономическую эффективность природоохранного эффекта от использования технологии. Формально это можно описать методом взвешенной суммы, который заключается в определении для каждого используемого критерия весового коэффициента. Схожий подход используется в методологии Best available technology (BAT), применяемом в Европейском союзе, однако в ней не оговаривается механизм определения весовых коэффициентов. Авторы предлагают формирование весовых коэффициентов на основе экспертного опроса.

Другой сложностью определения наиболее приемлемого технологического решения является оценка значений его критериев, как экономических, так и экологических.

Сложность определения экономических критериев заключается в наличие противоречия между длительным сроком эксплуатации объектов сельскохозяйственных предприятий и волатильностью цен, обусловленных экономической конъюнктурой. Это касается как энергоресурсов и сырья, так и конечной продукции. Так, определённая технология, наиболее выгодная в настоящий момент и требующая наименьших эксплуатационных расходов, в перспективе может стать менее привлекательной по сравнению с другими, в силу неравномерности изменения цен на различные виды энергоресурсов и конечной продукции. Выходом может быть использование методики энергетической оценки капитальных и эксплуатационных затрат, что позволит сделать оценку более независимой от ценовых колебаний и усилит экологическую безопасность путём повышения энергетической эффективности. Вместе с тем, поскольку в реальности затраты оплачиваются не абстрактными единицами энергии, а по конъюнктурным ценам, энергетическая оценка должна быть использована не как основной механизм оценки затрат, а лишь для коррекции традиционной стоимостной оценки. Полученное значение энергоёмкости конечной продукции необходимо выражать в денежной форме с учётом текущих цен на энергию. При этом необходимо отметить сложность и трудоёмкость реализации энергетического подхода.

Идентификация системы экологических критериев также сопряжена с рядом сложностей. Существует несколько групп методик оценки негативного воздействия на окружающую среду, однако все они имеют те или иные ограничения, не позволяющие получить объективный и достоверный результат. Методики оценки, основанные на стоимости мероприятий по восстановлению экосистем недостаточно полны в виду отсутствия на сегодняшний день полных знаний обо всех связях и зависимостях между компонентами экосистем. Например, практически невозможно оценить достоверную связь между выбросом парниковых газов и глобальным изменением климата. Методики оценки, основанные на недополученной прибыли также несовершенны, т.к. не учитывают долгосрочные последствия и воздействия на отдалённые территории. Методики оценки, основанные на стоимости затрат на мероприятия по предотвращению загрязнений также несовершенны: стоимость мероприятий не отражает их эффективность. Наиболее объективным способом оценки экологической безопасности производства, по мнению авторов, является определения показателя экологической эффективности, под этим подразумевается оценка удельных значений стоимости предотвращённых загрязнений, которая представляет собой отношение между объёмом предотвращённого загрязнения и затратами на единицу продукции. При использовании данного способа для оценки технологий обращения с навозом помётом под предотвращённым загрязнением понимаются потери питательных веществ (NPK), для их определения используются традиционные методики определения баланса питательных веществ.

Разработка экспертной системы (системы поддержки принятия решений) для выбора вновь создаваемых сельхозпредприятий и модернизации (реинжиниринга) существующих, созданной на базе вышеуказанных критериев, в настоящий момент находится в завершающей стадии. Данная система реализована с использованием web-технологий и доступна в сети Интернет по адресу http://eco.sznii.ru.

## Выводы

1. Вопрос снижения негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду весьма актуален и требует оптимального выбора технологии и технических средств.
2. Предлагается решение задачи оптимального выбора технологии и технических средств путём использования экспертной системы.
3. Для многокритериальной оптимизации предлагается использовать метод взвешенной суммы экономического и экологического критериев с формированием весовых коэффициентов на основе экспертного опроса.
4. В качестве экономического критерия предлагается использование взвешенной суммы из капитальных затрат, эксплуатационных затрат и энергоёмкости.
5. В качестве экологического критерия предлагается использование показателя экологической эффективности, характеризующего стоимость предотвращённого негативного воздействия.

## Литература


1. Афанасьев А. В. И др. Обоснование экологически безопасных технологий утилизации навоза и помета в сельскохозяйственных предприятиях северо-западного федерального округа российской федерации // Агроекологічний журнал: Науково-теоретичний журнал. - 2012. - № 2. - С. 32-35
2. Брюханов А. Ю., Субботин И. А. Автоматизированное проектирование технологических линий приготовления органических удобрений на основе навоза и помета //Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2009. – Т. 20. – №. 3.
3. Васильев Э.В. Результаты исследования поверхностного способа внесения жидкого органического удобрения в условиях ленинградской области //вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. – №. 4. – С. 56-61.
4. Субботин И.А., Шалавина Е.В. Внесение жидкого органического удобрения в условиях Северо-Запада РФ / Сб. Докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию Судогодского опытного поля. Т.2. - Владимир: ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемии. - 2013. - С. 146-148.
5. Афанасьев В.Н., Субботин И.А., Афанасьев А.В. Обоснование метода утилизации сельскохозяйственных отходов на основе требований инженерной экологии // Сельское, лесное и водное хозяйство. – Ноябрь 2013. - № 11 [Электронный ресурс]. URL: http://agro.snauka.ru/2013/11/1242 (дата обращения: 24.01.2014).