

УДК 330.43:691.95

**В.В. Конончук**

канд. экон. наук, доц., ст. науч. сотрудник

Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

e-mail: victorkon@mail.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ  
В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ**

*Высокая зависимость аграрного сектора от случайных и неуправляемых природных и погодноклиматических факторов порождает рисковые ситуации. Для оценки возможного воздействия на результаты производства последствий агроэкологических рисков используют методы математического моделирования. В зависимости от устойчивости сельского хозяйства к влиянию случайных и неуправляемых факторов выделяют типы устойчивости к проявлению рисков: оптимистический, устойчивый (адаптивный) и пессимистический. Повышение эффективности использования природно-хозяйственного потенциала земель и всего аграрного сектора в условиях формирования механизма устойчивого развития предполагает полное и эффективное использование отходов промышленного производства органического происхождения в качестве удобрений. Использование отходов перерабатывающих предприятий в сельском хозяйстве позволяет в значительной степени не только решить экологические проблемы утилизации отходов, но и повысить экономическую эффективность.*

**Введение**

Устойчивое развитие экономики сельского хозяйства предполагает использование отходов органического содержания перерабатывающих предприятий АПК в качестве одного из видов органических удобрений. Наличие значительного и постоянно увеличивающегося количества органических отходов в промышленном производстве АПК и возможность их рационального использования приобретает особенно важную роль в условиях повышения экологизации аграрного производства. В настоящее время уровень использования дешевых отходов в аграрном производстве находится на низком уровне, что отражается на экономических показателях как промышленной, так и аграрной сферы АПК. Использование отходов позволяет не только решить экологические задачи, но и получить синергетический эффект, выражающийся в экономии финансовых ресурсов, связанных с хранением и утилизацией отходов, а также в виде получения дополнительной продукции. Исследования показывают, что использование отходов в качестве органических удобрений является высокоокупаемым и экономически целесообразным. Имеющееся значительное количество отходов органического происхождения предопределяет необходимость наилучшего (оптимального) их использования.

Широкими возможностями для решения таких задач обладают методы экономико-математического моделирования [3; 5]. Эффективность отраслей аграрного сектора, в которых организационно и технологически возможно применение и использование отходов в качестве органических удобрений неодинакова, также как и неодинакова их окупаемость. Кроме этого, зависимость аграрного сектора от случайных и неуправляемых природных, погодноклиматических, биологических и других факторов предполагает при одинаковых технико-технологических и ресурсных параметрах различные результаты функционирования. В связи с этим возникает необходимость разработки экономико-математических моделей оптимизации использования отходов для достижения максимальной их окупаемости в условиях проявления агроэкологических рисков в сельском хозяйстве [2].

**Результаты и обсуждение**

Моделирование использования отходов в интересах экологизации аграрного производства и в условиях проявления агроэкологических рисков базируется на прин-

ципах стабилизации и устойчивости развития, формирования саморегулируемой социально-экономической системы [1]. Важнейшим аспектом устойчивости развития является полное и эффективное использование имеющегося ресурсного потенциала, в первую очередь земельных ресурсов. Условием саморегуляции социально-экономической системы является использование отходов в аграрном производстве для получения как основной, так и дополнительной продукции, обеспечивающей возмещение необходимых затрат при средних условиях хозяйства, а также формирование финансовых ресурсов для осуществления расширенного воспроизводства.

Целью исследования является разработка экономико-математической модели использования отходов органического происхождения перерабатывающих предприятий АПК в сельском хозяйстве. Экономико-математическая модель относится к классу оптимизационных и предполагает выработку оптимального решения по использованию отходов в отраслях аграрного производства.

Постановка задачи разработанной экономико-математической модели использования отходов в условиях проявления агроэкологических рисков базируется на оптимизации количественных характеристик отходов производства органического происхождения и размеров отраслей сельскохозяйственного производства.

Функционирование сельскохозяйственных товаропроизводителей в условиях перманентного наличия и проявления агроэкологических рисков учитывает взаимовыгодные интересы с партнерами и государством и предполагает формирование стабилизационных (резервных) фондов товарной продукции и кормов при проявлении оптимистического и устойчивого варианта риска на случай наступления пессимистического (неблагоприятного) риска. В свою очередь, государство стимулирует использование и применение отходов перерабатывающих предприятий АПК для получения дополнительной экологически чистой товарной продукции и кормов в сельском хозяйстве. Условия (ограничения) модели описывают важнейшие параметры использования отходов органического происхождения перерабатывающих предприятий в качестве органических удобрений в сельском хозяйстве с учетом их окупаемости и экономической эффективности.

Применение и использование отходов в качестве органических удобрений может реализовываться в двух аспектах:

- 1) как дополнение к внесению традиционных органических удобрений;
- 2) в качестве альтернативы или замены традиционных органических удобрений.

Решение модели осуществляется для расчета прогнозной программы и оптимальных параметров использования отходов. Период прогноза в модели зависит от количества имеющихся и возможных объемов поступления отходов. При этом чем больше ресурсы отходов, тем больше период прогноза модели.

Решение модели может осуществляться и с целью анализа программы использования отходов. В данном случае решение модели позволит сделать вывод, каким образом целесообразно перераспределить объемы имеющихся ресурсов отходов органического происхождения для достижения максимальной экономической эффективности.

Реализация модели осуществляется в стохастическом виде и имеет блочно-диагональную структуру. Каждый блок модели описывает технико-технологические условия использования отходов при проявлении каждого из возможных вариантов агроэкологических рисков: оптимистического (благоприятного), устойчивого (адаптивного) и пессимистического (неблагоприятного). Техничко-экономические коэффициенты и окупаемость ресурсов для каждого исхода отличны. В модели имеется связующий блок, включающий условия по перераспределению ресурсов отходов, экологически чистой товарной продукции, а также равенству отраслей растениеводства и животноводства, т.к. управленческие решения по размерам отраслей принимаются до проявления соот-

ветствующих вероятностных рисковых исходов. В качестве критерия оптимальности модели целесообразно использовать максимум математического ожидания прибыли.

Содержание условий (ограничений) экономико-математической модели для расчета оптимальной программы использования отходов в сельском хозяйстве следующее.

Критерий оптимальности (целевая функция) – максимум математического ожидания прибыли:

$$F_{\max} = \sum_{t \in T_0} \Omega^t * \nu^t - \sum_{k \in K_3} \sum_{j \in J_{10}} \Theta_{kj} * \tilde{Y}_{kj}.$$

**Условия:**

1. По использованию земельных ресурсов:

$$\sum_{j \in J_0} a_{mj} * x_j^t \leq A_m, \quad m \in M_0, \quad t \in T_0;$$

2. По размерам отраслей:

$$a) \tilde{V}_j \leq x_j^t \leq V_j, \quad j \in J_0, \quad t \in T_0;$$

$$б) \sum_{j \in J_2} x_{j^0 j}^t = \sum_{j \in J_2} x_{j^0 j}^{t-1}, \quad t \in T_0 - 1, \quad j \in J_3;$$

$$в) x_j^t = x_j^{t-1}, \quad j \in J_6, \quad t \in T_0 - 1.$$

3. По соотношению сельскохозяйственных культур и отраслей:

$$a) \sum_{j \in J_3} x_j^t \leq \sum_{j \in J_4} x_j^t, \quad t \in T_0.$$

$$б) x_j^t \leq \xi_j * x_j^t, \quad j \in J_8, \quad t \in T_0.$$

4. По количеству отходов в качестве органических удобрений:

$$\tilde{x}_i \leq D_i, \quad i \in I_1.$$

5. По использованию отходов в качестве удобрений:

$$\sum_{j \in J_1} m_{ij}^t * x_j^t = \tilde{x}_i, \quad i \in I_1, \quad t \in T_0.$$

6. По соотношению количества отходов и органических удобрений:

$$\tilde{\tilde{x}}_i = \tilde{\omega}_{ij} * \tilde{x}_i, \quad i \in I_0, \quad j \in J_1.$$

7. По общей потребности в органических удобрениях:

$$\sum_{j \in J_1} m_{ij}^t * x_j^t + \sum_{j \in J_0} \tilde{m}_{ij}^t * x_j^t = \tilde{\tilde{x}}_i, \quad i \in I_0, \quad t \in T_0.$$

8. По потребности в органических удобрениях животного происхождения:

$$\sum_{j \in J_1} \tilde{m}_{ij}^t * x_j^t = \hat{x}_i, \quad i \in I_2, \quad t \in T_0.$$

9. По формированию объемов органических удобрений животного происхождения:

$$\hat{x}_i \leq \sum_{j \in J_6} \tilde{d}_{ij} * x_j^t, \quad i \in I_2, \quad t \in T_0.$$

10. По формированию товарной продукции и стабилизационных фондов:

$$\begin{aligned} & \sum_{j \in J_0} d_{kj}^t * x_j^t + \sum_{i \in I_1} \Delta \tilde{d}_{ki}^t * \tilde{x}_i + \sum_{i \in I_2} \Delta \tilde{\tilde{d}}_{ki}^t * \hat{x}_i = E_k^t + x_k^t + \\ & + \sum_{t' \in T_2} \tilde{x}_k^{\circ t t'} * \psi_k^{t t'} - \sum_{t' \in T_1} x_k^{\circ t t'} * \dot{\psi}_k^{t t'}, \quad k \in K_0, \quad t \in T_0. \end{aligned}$$

11. По сумме прибыли на начальный период и прогнозный период освоения перспективной производственной программы развития:

$$\sum_{j \in J_1} p_{kj}^t * x_j^t + \sum_{j \in J_6} p_{kj}^{\circ t} * x_j^t + \sum_{i \in I_1} \tilde{p}_{ki} * \tilde{x}_i + \\ + \sum_{i \in I_2} \tilde{\tilde{p}}_{ki} * \hat{x}_i + P_k = \Omega^t, \quad k = 1, \quad t \in T_0.$$

12. По формированию инвестиций на увеличение основных производственных фондов в целом по хозяйству и по отдельным отраслям:

$$\sum_{j \in J_0} g_{kj^0} * x_j^t + \sum_{i \in I_1} \tilde{g}_{ki} * \tilde{x}_i + \sum_{i \in I_2} \tilde{\tilde{g}}_{ki} * \hat{x}_i \leq Q_{kj} + 0.5 * \eta_k * Y_{kj} + \\ + \eta_{kj}^0 * \tilde{Y}_{kj}, \quad k \in K_3, \quad j \in J_{10}, \quad t \in T_0.$$

13. По сумме предпочтений экологизации производства:

$$\sum_{k \in K_4} \sum_{j \in J_0} \lambda_{kj}^t * x_j^t + \sum_{k \in K_4} \sum_{i \in I_1} \tilde{\lambda}_{ki} * \tilde{x}_i + \sum_{r \in K_4} \sum_{i \in I_2} \tilde{\tilde{\lambda}}_{ki} * \hat{x}_i = \Delta^t + \alpha^t, \quad t \in T_0.$$

14. Неотрицательность переменных:

$$x_j^t \{x_{j^0}^t\}, \quad x_k^t, \quad \tilde{x}_i \{\tilde{x}_i, \hat{x}_i\}, \quad Y_{kj}, \quad \tilde{Y}_{kj}, \quad \Omega^t, \quad \alpha^t \geq 0.$$

**Условные обозначения:**

**Индексация:**  $i$  – номер вида отходов, органического удобрения;  $I_0$  – множество видов органических удобрений;  $I_1$  – множество видов отходов,  $I_1 \subset I_0$ ;  $I_2$  – множество видов органических удобрений животного происхождения,  $I_2 \subset I_0$ ;  $j$  – номер отрасли;  $j^\circ$  – номер сельскохозяйственных культур и отраслей однородной группы,  $j^\circ \subset j$ ;  $J_0$  – множество отраслей;  $J_1$  – множество отраслей растениеводства,  $J_1 \subset J_0$ ;  $J_3$  – множество групп однородных сельскохозяйственных культур,  $J_3 \subset J_0$ ;  $J_6$  – множество отраслей животноводства,  $J_6 \subset J_0$ ;  $J_8$  – множество отраслей, находящихся в пропорциональной связи,  $J_8 \subset J_0$ ;  $J_9$  – множество кормовых культур и угодий, дающих зеленые корма,  $J_9 \subset J_0$ ;  $J_{10}$  – множество главных отраслей: растениеводство, скотоводство и др.,  $J_{10} \subset J_0$ ;  $m$  – номер земельных угодий;  $M_0$  – множество видов земельных угодий;  $k$  – номер ресурсов, видов товарной продукции, предпочтений;  $k = 1$  – номер вида денежных поступлений, прибыли;  $K_1$  – множество видов товарной продукции;  $K_3$  – множество элементов основных производственных фондов;  $K_4$  – множество видов предпочтений;  $H_0$  – множество видов кормов;  $H_9$  – множество кормов, полученных при использовании отходов,  $H_9 \subset H_0$ ;  $H_{10}$  – множество кормов, полученных от использования органических удобрений,  $H_{10} \subset H_0$ ;  $t$  – номер риска (рисковой ситуации);  $t'$  – номер проявления риска, отличного от текущего;  $T_0$  – множество вариантов риска;  $T_1$  – множество вариантов риска (рисковых периодов), принимающих ресурсы,  $T_1 \subset T_0$ ;  $T_2$  – множество вариантов риска (рисковых периодов), резервирующих ресурсы,  $T_2 \subset T_0$ .

**Неизвестные величины:**  $x_j^t$  – размер отрасли  $j$  при риске  $t$ ;  $x_{j^0}^t$  – площадь сельскохозяйственной культуры  $j$ , принадлежащей однородной группе  $j^0$  при риске  $t$ ;

$x_k^t$  – объем товарной продукции вида  $k$  при риске  $t$ ;  $\tilde{x}_i, \tilde{\tilde{x}}_i$  – количество отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно;  $\hat{x}_i$  – количество органического удобрения вида  $i$  животного происхождения;  $Y_{kj}, \tilde{Y}_{kj}$  – сумма ресурса  $k$  прибыли и кредита соответственно, выделяемых для формирования инвестиций в основные производственные фонды отрасли  $j$ ;  $\Omega^t$  – сумма прибыли при проявлении риска  $t$ ;  $\alpha^t$  – сумма предпочтений для стабилизации производства при проявлении риска  $t$ .

**Известные величины:**  $A_m$  – наличие сельскохозяйственного угодья вида  $m$ ;  $D_i$  – наличие отходов вида  $i$ ;  $\Delta \tilde{d}_{ki}^t, \Delta \tilde{\tilde{d}}_{ki}^t$  – выход (прибавка) продукции вида  $k$  от единицы использования отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно при проявлении риска  $t$ ;  $\tilde{V}_j, V_j$  – соответственно минимальный и максимальный размер отрасли  $j$ ;  $g_{kjj^0}$  – стоимость основных производственных фондов вида  $k$  в расчете на единицу отрасли  $j$  однородной группы  $j^0$ ;  $\xi_j$  – коэффициент связи отрасли  $j$ ;  $\tilde{g}_{ki}, \tilde{\tilde{g}}_{ki}$  – стоимость основных производственных фондов вида  $k$  в расчете на единицу использования отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно;  $\Delta \tilde{d}_{hi}^t, \Delta \tilde{\tilde{d}}_{hi}^t$  – выход (прибавка) корма вида  $h$  от единицы использования отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно при проявлении риска  $t$ ;  $E_k^t$  – договорные поставки товарной продукции (продовольствия) вида  $k$  при проявлении риска  $t$ ;  $Q_{kj}$  – стоимость переходящих элементов основных производственных фондов вида  $k$  по главной отрасли  $j$ ;  $\eta_k$  – стоимость основных производственных фондов вида  $k$  от освоения единицы прибыли;  $\eta_{kj}^0$  – стоимость основных производственных фондов вида  $k$  от освоения единицы кредита в отрасль  $j$ ;  $a_{mj}$  – расход земельного угодья вида  $m$  на единицу отрасли  $j$ ;  $\tilde{d}_{ij}$  – выход органического удобрения вида  $i$  от единицы отрасли животноводства  $j$ ;  $p_{kj}^t, p_{kj}^{\circ t}$  – сумма ресурса  $k$  (прибыли в растениеводстве и прибыли и стоимости кормов в животноводстве соответственно) в расчете на единицу отрасли  $j$  при проявлении риска  $t$ ;  $\tilde{p}_i, \tilde{\tilde{p}}_i$  – прибыль от использования единицы отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно;  $m_{ij}^t, \tilde{m}_{ij}^t$  – количество (доза) внесения отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно на единицу отрасли  $j$  в период  $t$ ;  $P_k$  – размер прибыли вида  $k$ , полученной в год предшествующий плановому;  $\psi_k^{tt'}, \tilde{\psi}_k^{tt'}$  – коэффициенты резервирования товарной продукции вида  $k$  в исход  $t$  для передачи или приема соответственно от исхода  $t'$ ;  $v^t$  – вероятность проявления риска  $t$ ;  $\tilde{\omega}_{ij}$  – коэффициент соотношения отходов вида  $i$  при внесении под культуру  $j$ ;  $p_k^t$  – прибыль от реализации единицы товарной продукции вида  $k$  рыночного фонда в исход  $t$ ;  $\Theta_{kj}$  – сумма денежных средств, ресурса  $k$  для возмещения единицы кредита в отрасль  $j$ ;  $\Delta^t$  – размер предпочтений на начало планового периода в исход  $t$ ;  $\lambda_{kj}^t$  – размер предпочтений вида  $k$  на единицу отрасли  $j$  в исход  $t$ ;  $\tilde{\lambda}_{ki}, \tilde{\tilde{\lambda}}_{ki}$  – сумма предпочтений вида  $k$  в расчете на единицу отхода или органического удобрения вида  $i$  соответственно.

### Заклучение

Использование отходов в сельском хозяйстве в условиях проявления агроэкологических рисков предполагает применение методов экономико-математического моделирования. Учет в моделях действительных событий позволяет объективно определить степень проявления вероятностных характеристик производственно-экономических показателей функционирования сельского хозяйства. Устойчивое функционирование сельхозпредприятий в современных условиях основано на самокупаемости и самофинансировании, что предполагает минимизацию всех статей издержек производства, при котором варианты параметров развития отраслей оцениваются относительно как затрат и окупаемости ресурсов, так и выхода продукции. Данный подход эффективности учитывает интересы как отдельных товаропроизводителей, так и всего агропромышленного комплекса. Одним из способов снижения себестоимости и повышения экологизации аграрного производства является использование в качестве органических удобрений отходов перерабатывающих производств. Разработанная экономико-математическая модель использования в сельском хозяйстве отходов органического происхождения перерабатывающих предприятий АПК позволяет определить наиболее эффективные варианты и параметры функционирования сельскохозяйственного производства в условиях проявления различных типов агроэкологических рисков.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко, Е. Н. Математическое моделирование распределения риска при независимых случайных величинах вероятностей исходных событий и ущерба / Е. Н. Шевченко // Фундамент. исслед. – 2011. – № 12, ч. 3. – С. 604–608.
2. Леньков, И. И. Экономико-математическое моделирование систем и процессов в сельском хозяйстве / И. И. Леньков. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 304 с.
3. Октаева, Е. В. Математические модели и методы оценки рисков / Е. В. Октаева // Молодой ученый. – 2016. – № 15. – С. 310–313.
4. Жудро, М. К. Экономический механизм эффективного развития агробизнеса / М. К. Жудро. – Горки : Белорус. гос. сельхоз. акад., 2002. – 264 с.
5. Мясоедов, А. И. Современные экономико-математические методы и модели в процессе принятия управленческих решений [Электронный ресурс] / А. И. Мясоедов // Проблемы и перспективы экономики и управления : материалы VI Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, дек. 2017 г. – СПб. : Свое из-во, 2017. – С. 150–153. – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/263/13309/>. – Дата доступа: 03.01.2018.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.06.2018

### **Kononchuk V.V. Modeling the Use of Waste in the Condition of Agro-Ecological Risks**

*The high dependence of the agricultural sector from accidental and uncontrollable natural and climatic factors gives rise to the manifestation of risk situations. To assess the possible impact on the results of the production effects of agro-environmental manifestations of risks mathematical modeling techniques are used. Depending on the sustainability of agriculture to the effects of random and uncontrolled factors the types of resistance to the manifestation of risks are distinguished: optimistic, resilient (adaptive), pessimistic. The improved utilization of natural and economic potential of the land and of the whole agricultural sector, in the context of the formation of mechanism of sustainable development requires the full and effective use of industrial wastes of organic origin as fertilizer. The use of waste processing enterprises in agriculture can not only largely solve the environmental problems of waste disposal, but also to increase economic efficiency.*