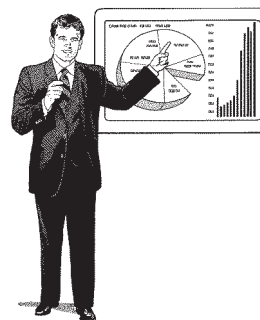


## АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ



**Г. О. ЧИТАЯ, К. Р. НИКИТИНА**

### ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ОРГАНИЧЕСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ

В статье обоснована оптимизационная модель структуры растениеводства, предполагающая поэтапный переход к органическому хозяйству. Оптимизационные расчеты проведены по ОАО «Мядельское агропромэнерго» на трехлетний период перехода к органическому производству с погодовой структурой посева культур трех типов (зерновые, бобовые, травы). Линейная оптимизационная модель для рассматриваемого предприятия включает 348 переменных и 49 ограничений в виде уравнений и неравенств, а также ограничения на неотрицательность переменных. Компьютерная реализация модели осуществлена с использованием программного кода Octave.

**Ключевые слова:** органическое хозяйство; оптимальная структура растениеводства; критерий оптимальности.

**УДК** 330.45:519.8:633(476)

**Введение.** Республика Беларусь располагает обширными сельскохозяйственными угодьями, высоким потенциалом эффективного изменения структуры посевных площадей, возможностями ее ориентации на производство экологически чистой продукции растениеводства и животноводства. Формирование рынка органических продуктов является перспективным направлением развития агропромышленного производства, так как здоровье населения и качество жизни во многом обусловлены производством и потреблением экологически чистых продуктов.

Переход сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь на органическое производство требует комплексного обоснования и тщательной подготовки. Хозяйства, ориентирующиеся на такой вид производственной деятельности, будут вынуждены стремиться к строгому соблюдению баланса в производстве продукции растениеводства и животноводства. Это возможно на основе оптимизации цепочки ведения хозяйства:

рациональный выбор посевных площадей под культуры с учетом их влияния на плодородие почвы с последующим исключением внесения химических удобрений;

*Гизла Отарович ЧИТАЯ (Chitaya\_G@bseu.by), доктор экономических наук, доцент, зав. кафедрой математических методов в экономике Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);*

*Карина Романовна НИКИТИНА (KarinaRNikitina@gmail.com), ассистент кафедры математических методов в экономике Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).*

установление эффективного режима чередования высевания культур по времени и территории ведения хозяйства;

создание экологически чистой кормовой базы для животноводства на основе определения оптимального рациона кормления, предусматривающего использование органических удобрений для обогащения почвы;

производство органической молочной и мясной продукции как для населения нашей страны, так и в целях наращивания экспорта.

В предлагаемой статье основное внимание сосредоточено на разработке оптимизационной модели структуры растениеводства, предполагающей поэтапный переход к органическому хозяйству за планируемый промежуток времени.

Для запуска отечественными сельскохозяйственными предприятиями органического производства актуальными задачами являются выделение влияющих на структуру сельского хозяйства приоритетных факторов, разработка и реализация комплекса экономико-математических моделей, позволяющих обосновывать направления увеличения выхода экологически чистой продукции. В зависимости от отраслевой ориентации хозяйства порядок перехода к органическому производству может существенно различаться. Переход к производству органической молочной продукции целесообразно начинать с анализа существующей структуры растениеводства, оценки плодородности земель (слой гумуса, содержание питательных веществ, в том числе азота в почве) и ее зависимости от внесения химических и органических удобрений.

С учетом агрохимических требований к составлению рациона кормления крупного рогатого скота в органическом сельском хозяйстве при соблюдении рекомендаций по севообороту культур можно построить оптимизационную модель перехода к подобному типу хозяйства. Критерием оптимальности может послужить кумулятивное положительное влияние на вырабатываемый слой гумуса при дополнительных ограничениях по структуре растениеводства в хозяйстве, осуществляющем органическое животноводство молочного направления. Далее следует оценить возможности сокращения (и полное их упразднение к концу переходного периода) химических удобрений и рационального использования и производства органических удобрений внутри хозяйства. На основе анализа существующей структуры по ряду показателей животноводства (поголовье, возрастная структура, удои, потребности в питательных веществах в зависимости от периода развития и т. д.) правомерно приступить к созданию модели оптимизации согласованной структуры рациона и посевов, т. е. оптимизационной модели рациона кормления животных. Построение оптимизационной модели предполагает выполнение определенной последовательности действий (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема построения модели оптимизации структуры производства органической продукции животноводства

Остановимся подробнее на этапе анализа структуры растениеводства. При рассмотрении сельскохозяйственного предприятия, ориентированного на органическое молочное производство (ОАО «Мядельское агропромэнерго»), целью которого является максимизация выхода готовой продукции и, как следствие, максимизация поголовья крупного рогатого скота, ключевой составляющей в комплексе экономико-математических моделей выступает оптимизационная модель рациона кормления животных со стандартными ограничениями на площади под посев и пастбища, а также содержание питательных веществ в рационе. Однако для перехода к органическому сельскому хозяйству необходимо выполнение ряда требований, которые формируют дополнительную группу ограничений. В связи с отсутствием Закона об органическом земледелии и животноводстве в Республике Беларусь на данном этапе информационной базой ограничений может выступать Директива ЕС № 834/2007 от 28 июня 2007 г. по органическому производству и маркировке органических продуктов и отмене Директивы ЕС № 2092/91.

Не считая переходного этапа, где допускается до 30 % состава кормов, соответствующего рациону этого этапа, корм должен быть органическим, а значит, за время переходного этапа нужно максимально повысить плодородие почвы, т. е. содержание в ней гумуса. В соответствии со сформировавшейся структурой растениеводства ОАО «Мядельское агропромэнерго» (рис. 2) из выращиваемых культур зернобобовые, однолетние и многолетние травы (в сумме 58–63 %) оказывают положительное влияние на гумус. В связи с этим можно говорить о том, что для перевода предприятия на органическое производство не понадобятся радикальных изменений в структуре растениеводства, однако ввести севооборот необходимо. Это приведет к дополнительным ограничениям, которые следуют из анализа целесообразности использования различных комбинаций культур в севообороте. Дело в том, что в экосистеме, на которую сильно влияние оказывает человеческая деятельность, очень важно поддерживать высокий уровень формирования гумуса для предотвращения деградации почвы, что обуславливает необходимость научного обоснования чередования сельскохозяйственных культур как по территории, так и по времени. В этой связи актуально построение многоэтапной оптимизационной модели.

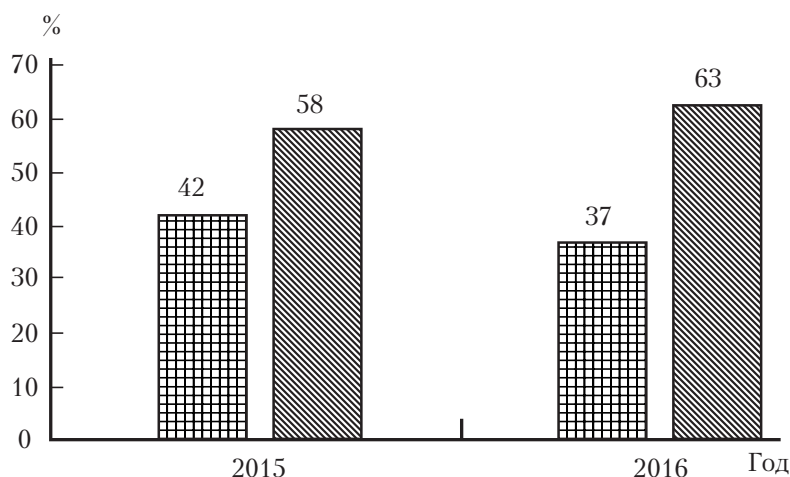




Рис. 2. Влияние сельскохозяйственных культур на формирование слоя гумуса в ОАО «Мядельское агропромэнерго», 2015–2016 гг.:  — отрицательное влияние;  — положительное влияние

В стабильных естественных экосистемах круговорот веществ в основном является замкнутым, а потери гумуса и его восстановление путем разложения отмерших частей растений и животных приблизительно уравниваются.

Органическое сельское хозяйство должно стремиться замкнуть круговорот веществ. Потери питательных веществ отчасти могут быть восполнены естественным путем за счет выветривания местных почвенных минералов и посредством биологической фиксации азота. Для плодородия почвы определяющее значение имеет сохранение и увеличение содержания гумуса за счет внесения необходимого количества органических удобрений. В животноводческих хозяйствах органические удобрения являются продуктом собственного производства, количество которого ограничено, так как размеры поголовья в хозяйстве привязаны к размерам имеющихся сельхозугодий. Нарращивание слоя гумуса становится отправной точкой в конструировании критерия оптимальности в задаче оптимизации структуры растениеводства переходного периода. В органическом земледелии гумус и удобрения обеспечивают плодородие почвы и тем самым стимулируют естественные процессы, позволяющие хорошо развиваться здоровым культурным растениям. Биологическая фиксация азота бобовыми культурами является основным источником поступления азота в хозяйство. В связи с тем, что в результате продажи животноводческой и растениеводческой продукции питательные вещества выносятся из внутривоспроизводительного круговорота, то их запасы в почве приходится пополнять за счет специально подобранных органических и зеленых удобрений, а также путем введения севооборота. Критерий оптимальности, позволяющий соизмерять различные варианты увеличения слоя гумуса в почве, в оптимизационной задаче находит соответствующее выражение в целевой функции. Целевая функция, выраженная как разность между площадью, на которой выращиваются культуры с положительным влиянием на содержание гумуса в почве, и площадью под культуры с отрицательным влиянием, будет характеризовать эффект влияния найденной структуры на формирование слоя гумуса. К группе с положительным влиянием относятся зернобобовые и бобово-злаковые, однолетние и многолетние травы, с отрицательным — зерновые и масличные культуры, кукуруза, овощи.

Пусть рассматривается  $T$  периодов для перехода на производство органической продукции ( $t = \overline{1, T}$ ),  $n$  — количество культур, которые целесообразно выращивать в рассматриваемом хозяйстве,  $m$  — количество полей в базовом периоде (базисный период отвечает этапу до введения новой структуры севооборота). Тогда  $x_{ijt}$  — площадь, отводимая под посев  $i$ -й культуры на  $j$ -й посевной площади (на которой в период  $(t - 1)$  выращивалась  $j$ -я культура). Для первого периода исходя из имеющейся информации о посевах в базисном периоде  $j = \overline{1, m}$  для последующих лет  $j = \overline{1, n}$  так как в севооборот включены все планируемые культуры в году  $t$ ;  $c_j$  — коэффициент влияния  $i$ -й культуры на слой гумуса, причем

$$c_i = \begin{cases} -1, & \text{при отрицательном влиянии } i\text{-й культуры на гумус,} \\ 1, & \text{при положительном влиянии } i\text{-й культуры на гумус.} \end{cases}$$

Учитывая приведенное выше условие, целевую функцию можно записать следующим образом:

$$f(x) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n c_i x_{ij1} + \sum_{t=2}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_i x_{ijt} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Положительное влияние на слой гумуса может быть оказано тщательным планированием севооборота, предполагающим последовательное чередование формирующих гумус культур и культур, потребляющих гумус на поле на протяжении цикла в течение нескольких лет. Главной задачей севооборота

является обеспечение рентабельности хозяйства путем формирования плодородия почвы для долгосрочной производительности. Для животноводческого хозяйства основная цель состоит во введении севооборота в производстве органических высококачественных кормов. Этого можно достичь благодаря комбинации различных положительных влияний севооборота: улучшение структуры почвы, воспроизведение гумуса, мобилизация питательных веществ, минимизация эрозии, сокращение сорняков. Построение модели оптимизации системы севооборотов в хозяйстве предполагает соблюдение требований, предъявляемых к севообороту, учет его роли в экономике предприятия. С точки зрения агротехнических мероприятий севооборот служит средством сохранения и повышения плодородия почвы. Вместе с тем севооборот представляет собой конкретную форму размещения посевов сельскохозяйственных культур на полях, в которой заложена основа структуры посевных площадей в хозяйстве [1; 2].

Так как структура посевов до оптимизации известна, то группа ограничений на площадь посевов с учетом севооборота для первого года (периода), будет представлена следующими равенствами:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij1} = S_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где  $S_j$  — площадь посева  $j$ -й культуры за базисный год;  $S$  — общая площадь посевов  $\left( \sum_{j=1}^m S_j = S \right)$ ;

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{при нецелесообразности посева культуры } i \text{ на участке } j \\ & \text{(после посева } j\text{-й культуры в период } (t-1)\text{)}; \\ 1, & \text{при целесообразности посева культуры } i \text{ на участке } j \\ & \text{(после посева } j\text{-й культуры в период } (t-1)\text{)}. \end{cases}$$

Следует заметить, что площадь, отведенная под  $i$ -ю культуру в году  $t$ , может быть использована в году  $(t+1)$  под посев нескольких культур, так же как и несколько засеянных площадей в текущий период могут быть использованы под одну культуру в следующем периоде. Это приводит к необходимости введения ограничений на площадь посевов, позволяющих увязывать севооборот в динамике

$$-\sum_{i=1}^n x_{ij(t-1)} + \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ijt} = 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad t = \overline{2, T}. \quad (3)$$

Добавляем ограничения на общую площадь посевов:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij1} = S;$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ijt} = S, \quad t = \overline{2, T}. \quad (4)$$

Выращивание многолетних трав играет двоякую роль в хозяйстве. Многолетние травы дают высококачественное сено и свежие зеленые корма и поэтому имеют большое значение для формирования кормовой базы [3]. Они также являются важнейшим средством окультуривания почв и повышения

их плодородия, обогащают почву питательными веществами для растений и способствуют созданию прочной мелкокомковатой структуры почвы (смесь бобовых и злаковых многолетних трав в севообороте). Обогащая почву органическим веществом и улучшая ее структуру, бобовые и злаковые многолетние травы в значительной степени повышают плодородие почвы и тем самым выполняют большую агротехническую роль в севообороте [4]. С учетом этого обстоятельства рекомендуемая структура севооборота по типам культур для сельского хозяйства переходного периода, ориентированного на производство органической молочной продукции, следующая: 30–50 % – бобовые культуры, 30–50 % – злаковые культуры, 20–50 % – промежуточные культуры [5]. Тогда, если  $K$  – количество типов культур, на которые есть ограничения сверху и снизу (в рассматриваемом случае  $K = 3$ : бобовые, злаковые и промежуточные культуры), примем обозначения:

$$b_{ik} = \begin{cases} 0, & \text{если } i\text{-я культура не принадлежит } k\text{-му типу культур;} \\ 1, & \text{если } i\text{-я культура принадлежит } k\text{-му типу культур.} \end{cases}$$

$\omega_{k \min}$  – минимальная доля  $k$ -го типа культур в посевах;

$\omega_{k \max}$  – максимальная доля  $k$ -го типа культур в посевах.

В общем виде ограничения запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} \omega_{k \min} \cdot S &\leq \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n b_{ik} \cdot x_{ij1} \leq \omega_{k \max} \cdot S, & k = \overline{1, K}; \\ \omega_{k \min} \cdot S &\leq \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n b_{ik} \cdot x_{ijt} \leq \omega_{k \max} \cdot S, & k = \overline{1, K}, \quad t = \overline{2, T}. \end{aligned} \quad (5)$$

Также необходимо включить в модель ограничения на неотрицательность переменных:

$$\begin{aligned} x_{ij1} &\geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}; \\ x_{ijt} &\geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}, \quad t = \overline{2, T}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для апробации модели была проанализирована бухгалтерская отчетность ОАО «Мядельское агропромэнерго» по растениеводству. К уже выращиваемым культурам (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес, рапс, однолетние и многолетние травы) были добавлены отдельной графой вика (в основном сено) и люцерна (в основном сенаж) с целью анализа возможности их включения в севооборот как кормовых культур для уже составленных рационов крупного рогатого скота молочного направления агрохимиком рассматриваемого хозяйства. Были приняты следующие величины:  $S = 1\,873$  га,  $K = 3$ . В связи с тем что переход на органическое производство осуществляется не менее чем за два года, принято  $T = 3$ . В базисном году было выделено  $m = 5$  посевных площадей и  $n = 12$  культур, которые целесообразно выращивать в переходном к органическому производству периоде. Формируются 348 переменных (60 для первого года и по 144 для каждого последующего), 31 ограничение в виде равенств (2) – (4), отражающих требования севооборотов и общей площади посевов, 18 ограничений в виде неравенства (5), отражающего требования к структуре выращиваемых культур, ориентированного на

производство органической молочной продукции и соответственно 348 ограничений на неотрицательность типа (формула 6). Представленные в таблице данные отражают полученные результаты, которые можно рассматривать как рекомендации по планированию посевов:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1}, \quad i = \overline{1, n} \quad \text{— для первого столбца;}$$

$$\sum_{j=1}^{i-1} x_{ijt}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{2, T} \quad \text{— для второго и третьего столбцов.}$$

В таблице представлена общая площадь (га) культуры за год  $t$  без информации о том, какая культура или культуры ей предшествовали

**Оптимальная структура растениеводства ОАО «Мядельское агропромэнерго» в переходном к органическому хозяйству периоде, га\***

Культура	1-й год	2-й год	3-й год
Пшеница озимая	1,14	0,90	0,00
Пшеница яровая	1,09	371,00	0,81
Рожь	102,70	0,00	1,04
Тритикале	104,66	0,00	0,40
Ячмень озимый	22,24	3,45	371,00
Ячмень яровой	102,54	0,00	1,04
Овес	39,25	0,00	1,21
Рапс	335,87	145,86	746,50
Вика	47,97	0,00	0,62
Люцерна	992,05	375,50	187,13
Многолетние травы	74,50	976,30	562,63
Однолетние травы	48,98	0,00	0,62

\*Расчеты проведены по оптимизационной модели (1)–(6) с использованием программного кода Octave.

Значение целевой функции равно 913,6 (га), т. е. суммарно за три года площадь посевов культур, положительно влияющих на слой гумуса, превышает площадь культур с отрицательным влиянием на слой гумуса на 913,6 га, что может свидетельствовать о сохранении плодородия почвы. Анализируя влияние структуры на слой гумуса, видно, что в последний год отрицательное влияние превышает положительное, что является закономерным результатом введения севооборота.

Примером частной задачи более сложного характера может быть определение оптимальной структуры посевных площадей в целях наилучшего обеспечения животноводства кормами, что является главным образом актуальным в рассматриваемом случае. Важно рассчитать такую структуру посевных площадей культур, высеваемых на корм, которая позволила бы не только наилучшим образом использовать землю, но и обеспечила основу для составления оптимальных рационов кормления скота.

Важно понимать, что целью органического сельского хозяйства является не максимальный, а оптимальный уровень производства продукции. Оптимизированная система замкнутого производства резко отличается от традиционной системы хозяйствования, где отсутствует достаточная привязка к местности, продукты жизнедеятельности животных, рассматриваемые как отходы, приводят к переизбытку питательных веществ на ограниченных по размерам

территориях. В органическом земледелии отходы животных играют роль высококачественных удобрений, которые получают, складывают и вносят в почву по возможности с минимальными потерями. Однако и в органическом сельском хозяйстве экономическое давление все чаще заставляет идти по пути интенсификации и рационализации, поэтому перед органическим земледелием стоит задача совершенствования концепций хозяйствования, которые отвечают основным принципам органического сельского хозяйства и успешны с экономической точки зрения [6].

Актуальной проблемой органического сельского хозяйства с замкнутым циклом производства также является площадь, выделяемая под пастбища. Общая плотность поголовья должна быть такой, чтобы не превышать предел 170 кг азота в год на 1 га сельскохозяйственной площади [7]. В свою очередь азот содержится в экскрементах животных в количестве 0,39 – 0,43 % общей массы, суточная норма выхода которой зависит от рациона питания, пола и возраста крупного рогатого скота, что является информационной базой для построения дополнительной группы ограничений. Тогда соответствующее ограничение можно записать в виде

$$\frac{1}{S} \sum_{i=1}^d g_i \cdot H \cdot L^T \leq 170, \quad (7)$$

где  $d$  – количество дней в году;  $g_i$  – доля содержания азота в экскрементах в рассматриваемый период (зависит от рациона питания);  $H = (h_1, h_2, \dots, h_m)$ , где  $h_j$  – норма выхода экскрементов  $j$ -го вида крупного рогатого скота (кг/день);  $L = (l_1, l_2, \dots, l_m)$ , где  $l_j$  – количество голов  $j$ -го вида крупного рогатого скота;  $m$  – количество видов крупного рогатого скота.

Вместе с тем сформулированное ограничение не учитывает следующее. Бобовые культуры являются основным источником, позволяющим естественным путем ввести азот во внутривыгодный круговорот питательных веществ. В течение года зернобобовые могут связать от 65 до 150 кг N/га, а кормовые бобовые культуры – свыше 300 кг N/га. При выращивании бобовых в качестве промежуточной культуры количество связанного азота может достигать 150 кг N/га. Если корневая масса остается в почве или в почву заделывается все растение, азот получает последующая культура. Таким образом, к правой части ограничения следует прибавить количество азота, связанное в предыдущий период, если предшествующая культура была бобовой или зернобобовой. Данное ограничение уже относится к следующим этапам формирования оптимальной структуры производства органической молочной продукции: анализ существующей системы применения удобрений и анализ структуры животноводства.

**Заключение.** В построенной математической модели основной упор сделан на планомерное введение севооборота в хозяйстве на отрезке времени перехода к производству органической продукции растениеводства. Конструирование критерия оптимальности осуществлено с позиции такого режима чередования высева культур, который способствует росту плодородности почвы на фиксированной по величине общей площади ведения земледелия. Критерий оптимальности позволяет соизмерять результаты земледелия на основе рационального подбора высева культур во времени так, чтобы определить увеличивающую слой гумуса в почве суммарную площадь. Оптимизационные расчеты проведены по ОАО «Мядельское агропромэнерго» на трехлетний период перехода к органическому производству с погодной структурой посева культур трех типов (зерновые, бобовые, травы). Линейная оптимизационная модель для рассматриваемого предприятия включает 348 переменных и 49 ограничений в виде уравнений и неравенств, а также ограничения на неотрицательность переменных.



## Литература

1. *Кравченко, Р. Г.* Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства / Р. Г. Кравченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Колос, 1973. — 328 с.

*Kravchenko, R. G.* Ekonomiko-matematicheskie metody v organizatsii i planirovanii selskohozyaystvennogo proizvodstva [Economic-mathematical methods in the organization and planning of agricultural production] / R. G. Kravchenko. — 2-e izd., pererab. i dop. — M. : Kolos, 1973. — 328 p.

2. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве : учеб. / А. М. Гатаулин [и др.] ; под ред. А. М. Гатаулина. — М. : Агропромиздат, 1990. — 431 с.

Matematicheskoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov v selskom hozyaystve [Mathematical modeling of economic processes in agriculture] : ucheb. / A. M. Gataulin [i dr.] ; pod red. A. M. Gataulina. — M. : Agropromizdat, 1990. — 431 p.

3. Переход от традиционного к биоорганическому земледелию в Республике Беларусь : метод. рекомендации / К. И. Довбан [и др.] ; под общ. ред. К. И. Довбана. — Минск : Беларус. навука, 2015. — 88 с.

Perehod ot traditsionnogo k bioorganicheskomu zemledeliyu v Respublike Belarus [Transition from traditional to bio-organic farming in the Republic of Belarus] : metod. rekomendatsii / K. I. Dovban [i dr.] ; pod obsch. red. K. I. Dovbana. — Minsk : Belarus. navuka, 2015. — 88 p.

4. *Забелло, Д. А.* Агротехника многолетних трав в полевых и кормовых севооборотах / Д. А. Забелло. — Минск : Изд-во Акад. наук Белорус. ССР, 1952. — 27 с.

*Zabello, D. A.* Agrotehnika mnogoletnih trav v polevyih i kormovyih sevooborotah [Agrotechnics of perennial grasses in field and fodder crop rotations] / D. A. Zabello. — Minsk : Izd-vo Akad. nauk Belorus. SSR, 1952. — 27 p.

5. Органическое сельское хозяйство с замкнутым циклом питательных веществ : рук. для фермеров и специалистов : в 4 т. : пер. с англ. — Минск : Полиграфкомбинат, 2015. — Т. 1 : Руководство по управлению фермой. — Граншtedт. — 136 с.

6. 25 вопросов и ответов по органическому сельскому хозяйству : пер. с нем. / Coalition Clean Balt., Центр экол. решений ; сост.: Д. Синицкий, Н. Поречина. — [Б. м. : б. и., 2012?]. — 46 с.

7. Нормативы органического производства Европейского Сообщества : с изм. и доп. по состоянию на 01.09.13 г. : пер. / материалы подгот.: И. С. Кысса [и др.]. — Минск : Донарит, 2013. — 183 с.

**GIGLA CHITAYA,  
KARINA NIKITINA**

## OPTIMIZATION OF CROP PRODUCTION STRUCTURE UNDER TRANSITION TO ORGANIC FARMING

**Author affiliation.** *Gigla CHITAYA* (Chitaya\_G@bseu.by), *Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus)*; *Karina NIKITINA* (KarinaRNikitina@gmail.com), *Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus)*.

**Abstract.** The article substantiates an optimization model of the structure of crop production, involving a phased transition to organic farming. Optimization calculations were made based on “Myadelskoye Agropromenergo” for a three-year period of transition to organic production with the yearly structure of sowing crops of three types (cereals, legumes, grass). The linear optimization model for the enterprise under consideration includes 348 variables and 49 constraints in the form of equations and inequations, as

well as constraints on the non-negativity of variables. The computer implementation of the model was carried out using the Octave program code.

**Keywords:** organic farming; optimal structure of crop production; optimality criterion.

**UDC** 330.45:519.8:633(476)

*Статья поступила  
в редакцию 12.10. 2018 г.*

**Л. М. СИНИЦА**

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА**

В статье впервые применена нейронная технология в исследовании производительности труда на примере предприятий машиностроения и металлообработки Республики Беларусь. Показано, как управлять нейросетевой моделью, которая может быть использована при прогнозировании роста производительности труда.

**Ключевые слова:** производительность труда; нейронная сеть; моделирование.

**УДК** 331.330.658

Повышение производительности труда — сложная, но в то же время очень своевременная проблема, стоящая перед каждым руководителем. Как показывает практика, существующий мировой кризис тесно связан с такой экономической категорией, как производительность труда. Ведь кризисы периодически возникают как реакция на повышение уровня благосостояния при снижении общей производительности труда и заканчиваются, когда экономическая система приходит в равновесие. По сути, кризис, обостряя здоровую конкуренцию, создает условия для роста производительности труда. Те, кто не захочет минимизировать свои покупательские потребности и поставит цель остаться в прежнем покупательском диапазоне, будет эффективнее работать. Если в период бурного экономического роста такая необходимость воспринимается негативно, чуть ли не как насилие со стороны администрации, то сегодня работники готовы приложить гораздо больше усилий, чтобы заработать те же деньги. Повышение производительности труда — вот единственный адекватный ответ любого предприятия на любые вызовы кризиса.

Для повышения производительности труда на предприятиях разрабатываются планы инновационного развития, модернизации, организационно-технических мероприятий, в которых указываются виды резервов роста производительности труда, мероприятия по их реализации, планируемые затраты для этого, сроки проведения работ, ответственные исполнители. Однако должных успехов они не добились, производительность труда на белорусских предприятиях отстает от зарубежных. В новой пятилетке приоритеты инвестиционной политики Республики Беларусь смещаются в реальный сектор, а точнее — в проекты с высокой окупаемостью. Это предполагает прежде всего обновле-

*Любовь Макаровна СИНИЦА (sinluba1944@gmail.com), кандидат экономических наук, доцент кафедры организации и управления Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);*