

Application of environmental criteria in economic-mathematical modeling for the development of organic agricultural production

O.Yu. Voronkova¹, I.N. Sycheva²

¹*Altai State University*

Lenin St., 61, 656049 Barnaul, Altai Krai, Russia, E-mail: voronkovaoy@mc.asu.ru

²*Altai State Technical University*

Barnaul, Altai Krai, Russia, E-mail: madam.si4eva2010@yandex.ru

Submitted: 24.09.2017. Accepted: 26.11.2017

The article presents a method of parallel optimization of structure of sowing areas for the calculation of economic-mathematical models. These models could be applied for traditional and oriented way towards organic production the land use system, characterized by the introduction of an additional unit of environmental criteria restrictions. We supposed that the provision of land suitable for organic production, gross production volume of organic products and the cost of its production. Based on the proposed methodology, the mathematical model proved its effectiveness of the functioning of the zonal agricultural ecosystem "Foothills of Altai". We calculated that the turnover of land suitable for organic production and the level of profitability was of 39.7% against 17.3% at optimization of the structure of sown areas under traditional agricultural production that was subject to full involvement in production of agricultural production.

Key words: economic and mathematical modeling; organic produce; organically oriented production; organically applicable deposit; optimization of land use; production efficiency

Применение экологического блока критериальных ограничений в экономико-математическом моделировании органического производства в АПК

О.Ю. Воронкова¹, И.Н. Сычева²

¹*Алтайский государственный университет*

ул. Ленина, 61, 656046, Алтайский край, Барнаул, Россия, E-mail: voronkovaoy@mc.asu.ru

²*Алтайский государственный технический университет*

Алтайский край, Барнаул, Россия, E-mail: madam.si4eva2010@yandex.ru

В статье представлена методика параллельной оптимизации структуры посевных площадей для расчета экономико-математических моделей при традиционной и ориентированной на производство органической продукции системе землепользования, отличающаяся введением дополнительного блока экологических критериальных ограничений: резерв земель, пригодных для производства органической продукции, валовой объем производства органической продукции и затраты на ее производство. На основе предложенной методики рассчитана экономико-математическая модель и доказана эффективность функционирования зонального агроэкокластера «Предгорья Алтая». С учетом полного вовлечения в производственный сельскохозяйственный производственный оборот земель, пригодных для производства органической продукции, уровень рентабельности составил 39,7%, против 17,3% при оптимизации структуры посевных площадей при традиционной системе сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование; органическая продукция; органически ориентированное производство; органически применимая залежь; оптимизация землепользования; эффективность производства

Введение

Основным критерием эффективного землепользования является выход продукции и получение прибыли с единицы площади. В то же время с потребительской точки зрения наибольший интерес представляет энергетическая ценность произведенной на данной площади сельскохозяйственной продукции и ее экологическая безопасность (Amadou, Barbier, 2015; Gabriel et al., 2013; Hachatryan et al., 2008). Вследствие этого становится актуальной задача эколого-экономической оценки сельскохозяйственного производства, для комплексного решения которой нами предлагается использовать экономико-математическую модель оптимизации структуры посевных площадей с введением дополнительного блока органических (экологических) критериальных ограничений (Buysse et al., 2007; Dik, 2001; Nemes, 2009).

Методы исследования

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых по проблемам сельскохозяйственного производства органической продукции (Baryshnikov et al., 2016; Díaz-Balteiro, Romero, 2003; Katargin, 2013; Weintraub, Bjorndal, 2000); вопросам развития земельных отношений; экономико-математическому моделированию. Методологической основой послужил системный подход, позволивший обеспечить комплексность и целенаправленность исследования (Dore´ et al., 2011). В работе также были использованы аналитический, расчетно-конструктивный, экономико-статистический, экономико-математический, монографический методы исследования (Dore´ et al., 2011; Groot, Rossing, 2011; Sycheva et al., 2017).

Результаты исследования

В процессе исследования была предпринята попытка сформировать при помощи ЭММ оптимизированную модель землепользования зонального агроэкокластера «Предгорья Алтая» на основе параллельного функционирования как традиционно сложившейся индустриальной системы ведения сельскохозяйственного производства, так и органически ориентированной системы. Считаем обоснованным, что переход к органически ориентированной системе сельскохозяйственного производства должен быть поэтапным, с постепенным введением в сельскохозяйственный оборот залежных и неиспользуемых земель.

Постановка задачи. В проектируемом агроэкокластере «Предгорья Алтая» должна быть сформирована такая структура посевных площадей, которая обеспечивала бы получение максимума сельскохозяйственной продукции с каждого гектара земли при условии одновременного параллельного ведения индустриального и органически ориентированного землепользования, с учетом почвенного плодородия, условий местности, требований агротехники, соблюдения севооборотов, экономической эффективности производства отдельных видов культур, договорных обязательств и планов продажи экологически безопасного продовольствия.

По условиям построения модели требуется, исходя из имеющихся производственных ресурсов, определить наиболее оптимальную структуру посевных площадей, как по индустриальной, так и по органической системе землепользования, которая обеспечила бы выполнение планов по продажам продовольствия, покрывала внутренние потребности хозяйствующего субъекта при максимальном экономическом эффекте. В качестве критерия оптимальности в задаче может выступать: максимум валовой или товарной продукции в денежном выражении, максимум производства определенного вида продукции в натуральном выражении, максимум чистой прибыли.

Предположительная цена реализации органической сельскохозяйственной продукции выше аналогичной продукции, произведенной по традиционной агротехнологии минимум на 20-40%. Также необходимо дополнительно заложить 10-15% затрат на изменение агротехнологии возделывания культур, сертификацию, рекламу, продвижение продукции.

Экономико-математическую модель оптимизации структуры посевных площадей представлена в трудах отечественных ученых [2-6] в математической формулировке имеет следующий вид:

Определить максимум функции (максимум чистого дохода)

$$Z_{\max} = \sum_{j \in A} c_j x_j - k, \quad (1)$$

где c_j - объём валовой продукции в денежном выражении, получаемой с 1 га посевов j -ой культуры; x_j - посевная площадь j -ой культуры; k - производственные затраты на возделывание множества культур A .

1) Ограниченности земельных ресурсов:

$$\sum_{j \in A} a_{ij} x_j \leq b_i (i \in M) \quad (2)$$

где a_{ij} - затраты земельного ресурса i -го вида; b_i - объём земельного ресурса i -го вида;

M - множество видов земельного ресурса.

2) Определение производственных затрат:

$$\sum_{j \in D} d_{ij} x_j = K \quad (3)$$

где D - множество видов производственных затрат; d_{ij} - производственные затраты в расчёте на 1 га возделываемой j -ой культуры.

3) Выполнение агротехнических требований возделывания сельскохозяйственных культур и некоторых организационно-экономических условий:

$$\sum_{j \in A} x_j \gg Q_j \quad (4)$$

где Q - пределы насыщения севооборотов отдельными культурами или группами культур;
или

$$\sum_{j \in A} a_{ij} x_j \leq a_{ij}^{\ominus} x_j \quad (5)$$

где a_{ij}, a_{ij}^{\ominus} - коэффициенты соотношения между предшественниками и отдельными культурами.

Обеспечение потребности животноводства кормами собственного производства:

$$\sum_{j \in A} v_{ij} x_j \geq V_i \quad (6)$$

где v_{ij} - выход корма i -го вида с 1 га посева сельскохозяйственных культур; V_i - потребность в кормах i -го вида.

Представляется целесообразным составление трех вариантов экономико-математических моделей для агроэкокластера «Предгорья Алтай». Первый вариант предусматривает оптимизацию существующей структуры пахотных угодий сельскохозяйственных товаропроизводителей предгорной зоны при полном сохранении традиционной системы ведения земледелия, второй вариант предполагает введение в структуру посевных площадей залежей и неиспользуемой площади пашни, или **органически применимой залежи (ОПЗ)**, в количестве 50000 га, а третий вариант - вовлечение в сельскохозяйственный оборот всех неиспользуемых пахотных земель и залежей Предгорной зоны Алтайского края (ОПЗ) в количестве 181333 га. Во втором и третьем варианте предусмотрено получение органической продукции с площади органически применимой залежи, а также внесение органических удобрений на площади ОПЗ.

Общая площадь предгорной зоны составляет 1899 тыс. га земли, в том числе 1722 тыс. га составляют сельскохозяйственные угодья, 728 тыс. га - пашня, 266 тыс. га - естественные сенокосы, 680 тыс. га - пастбища. В соответствии с агротехническими требованиями севооборотов определены следующие минимально и максимально возможные границы возделывания отдельных культур или групп сельскохозяйственных культур в процентах от общей площади пашни.

Таблица 1. Агротехнические требования севооборотов предгорной зоны Алтайского края

Культуры или группы культур	Нижняя граница, %	Верхняя граница, %
Зерновые и зернобобовые культуры	50	60
Технические культуры	5	8
Овощи, картофель	1	2
Кормовые культуры	15	30
Пар	10	13

В результате решения экономико-математической задачи в программе EXCEL по первому варианту была оптимизирована существующая структура посевных площадей. Оптимизированная площадь сельскохозяйственных угодий составила 1722,5 тыс. га, пашни - 728 тыс. га, сенокосов - 265,9 тыс. га, пастбищ - 680 тыс. га, залежей 46,3 га, многолетних насаждений - 2,2 тыс. га.

По оптимальному решению площадь пашни используется полностью и составляет 728 тыс. га. Наибольший удельный вес в оптимальной структуре пашни занимают зерновые культуры и составляют 54,1% (394 тыс. га), что выше фактической на 566 га. По оптимальному решению увеличилась площадь яровой пшеницы на 2172 га, ячменя - на 141 га, гречихи - на 710 га. Площадь подсолнечника увеличилась на 96 га, в целом площадь под техническими культурами увеличилась на 31 га. Площадь кормовых культур сократилась на 9,7 тыс. га, в то же время площадь пара по оптимальному решению составила 4,5% (33,1 тыс. га), увеличившись на 9,1 тыс. га. Оптимизированная структура посевных площадей в большей степени, чем существующая, соответствует требованиям севооборотов для данной зоны.

Таблица 2. Оптимизированная структура посевных площадей в хозяйствах предгорной зоны по первому варианту (традиционная система земледелия)

Показатели	Существующая площадь, га	% к итогу	По оптимальному решению	% к итогу	Отклонения (+;-) га
Зерновые всего	393424	54,0	393990	54,1	566
Технические культуры	45640	6,3	45671	6,3	31
Картофель	7212	1,0	7214	1,0	2
Овощи	1261	0,2	1261	0,2	0
Кормовые культуры	121468	16,7	111752	15,4	-9716
Пар	23974	3,3	33093	4,5	9119
Неиспользуемые земли	135000	18,5	135000	18,5	0
Пашня	727979	100	727979	100	0

Рассмотрим второй вариант экономико-математической модели оптимизации структуры посевных площадей с учетом введения в сельскохозяйственный оборот 50 тыс. га органически применимой залежи для целей производства экологического продовольствия на данной площади. С этой целью в экономико-математическую модель введем дополнительно критериальный блок экологических переменных и ограничений, в том числе внесение органических удобрений, дополнительные материальные и трудовые затраты на ведение органической системы земледелия, а также отличные от традиционной системы земледелия урожайность, себестоимость и цену реализации экологического продовольствия.

Таблица 3. Оптимизированная структура посевных площадей в хозяйствах предгорной зоны по второму варианту (параллельное ведение земледелия по традиционной и органически ориентированной системам)

Показатели	Площадь, га	% к итогу	По оптимальному решению	% к итогу	Отклонения (+;-) га
Зерновые всего	393424	54,0	402121	51,7	8697
Технические культуры	45640	6,3	47925	6,2	2285
Картофель	7212	1,0	7764	1,0	552
Овощи	1261	0,2	1463	0,2	202
Кормовые культуры	121468	16,7	125135	16,1	3667
Пар	23974	3,3	62238	8,0	38264
Неиспользуемые земли	135000	18,5	131333	16,9	-3667
Пашня	727979	100	777979	100	50000

В данном варианте экономико-математической модели не осталось неиспользуемой пашни. Наибольший удельный вес в оптимальной структуре пашни занимают зерновые культуры и составляют 51,7% (402,1 тыс. га), что выше фактической на 8,7 тыс. га. Оптимальная структура посевных площадей по данному варианту практически полностью соответствует требованиям севооборотов для данной зоны.

Таблица 4. Оптимизация структуры посевных площадей в хозяйствах предгорной зоны по третьему варианту (параллельное ведение земледелия по традиционной и органически ориентированной системам)

Показатели	Площадь, га	% к итогу	По оптимальному решению	% к итогу	Отклонения (+;-) га
Зерновые всего	393424	54,0	464587	60,0	71163
Технические культуры	45640	6,3	61945	8,0	16305
Картофель	7212	1,0	9834	1,3	2622
Овощи	1261	0,2	1781	0,2	520
Кормовые культуры	121468	16,7	158734	20,5	37266
Пар	23974	3,3	77431	10,0	53457
Неиспользуемые земли	135000	18,5	0	0	-135000
Пашня	727979	100	774312	100	46333

Рассмотрим третий вариант (табл. 4) экономико-математической модели оптимизации структуры посевных площадей сельхозтоваропроизводителей предгорной зоны с учетом введения всей площади залежных земель и неиспользуемых пахотных угодий (органически применимая залежь) для целей ведения органически ориентированного землепользования. Так же, как и во второй оптимизационной модели, параллельно введем дополнительный блок переменных и ограничений по производству экологической продукции.

Оптимальная структура посевных площадей по третьему варианту полностью соответствует требованиям севооборотов для данной зоны. Для планомерного перехода части сельскохозяйственных предприятий на принципы органически ориентированного землепользования и производство качественного и экологически чистого отечественного продовольствия необходим успешный опыт функционирования экологически ориентированных компаний, а также инновационные разработки в сфере АПК, реализация которых на уровне региона может быть осуществлена через систему зональных агроэкокластеров.

Таблица 5. Распределение вводимой органически применимой залежи по группам культур

Показатели	Введение 50000 га ОПЗ (второй вариант)		Введение 181333 га ОПЗ (третий вариант)	
	га	%	га	%
Зерновые	8697	17,4	71163	39,2
Технические	2285	4,6	16305	9,0
Картофель и овощи	754	1,5	3142	1,7
Кормовые	0	0	37266	20,6
Пар	38264	76,5	53457	29,5
Итого	50000	100	181333	100

Наибольший удельный вес в структуре, вовлеченной в сельскохозяйственный производственный оборот органически применимой залежи, по второму варианту будет составлять пар, так как он является хорошим предшественником для зерновых, технических культур, картофеля и овощей. В существующей в настоящее время структуре землепользования данной зоны площадь пара не соответствует требованиям севооборотов.

Таблица 6. Финансовые результаты, полученные в результате оптимизации структуры посевных площадей

Показатели	Фактические	По 1 варианту	По 2 варианту	По 3 варианту
Выручка, тыс. руб.	1413,8	1549,7	1728,6	2914,5
Себестоимость, тыс. руб.	1230,0	1314,7	1406,7	2086,4
Прибыль, тыс. руб.	183,8	227,3	321,9	828,1
Рентабельность, тыс. руб.	14,9	17,3	22,9	39,7

Обсуждение

Расчет трех вариантов экономико-математических моделей показал экономическую эффективность постепенного перехода к органически ориентированному землепользованию. При расчете экономико-математических моделей оптимизации землепользования нами был разработан и применен метод параллельной оптимизации структуры посевных площадей при традиционной системе землепользования и системе земледелия с учетом экологизации. Расчет предложенных вариантов оптимизации структуры посевных площадей, в том числе с частичным и полным вовлечением в сельскохозяйственный оборот органически применимой залежи предполагает жизнеспособность предложенного проекта зонального агроэкокластера «Предгорья Алтая».

Формирование органически ориентированной системы ведения сельского хозяйства не означает отказ от индустриального сельскохозяйственного производства. По нашему мнению, и органическая и индустриальная системы ведения земледелия могут эффективно функционировать параллельно друг другу, постепенно трансформируясь в такую аграрную технологию, которая сможет удовлетворить текущие и предполагаемые потребности населения в качественном и экологически безопасном продовольствии.

Заключение

Для планомерного перехода части сельскохозяйственных предприятий на принципы и производство качественного и экологически чистого отечественного продовольствия необходим успешный опыт функционирования экологически ориентированных компаний, а также инновационные разработки в сфере АПК, реализация которых на уровне региона может быть осуществлена через систему зональных агроэкокластеров. Реализация предложенных рекомендаций возможна при наличии действенного организационно-экономического механизма государственной поддержки и стимулирования деятельности экологически ориентированного сельскохозяйственного предпринимательства,

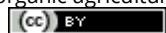
которое, в свою очередь, следует рассматривать как важный составной элемент структуры мирового рынка органической продукции, на сегодняшний день находящегося в стадии динамичного развития.

References

- Amadou, B.A., Barbier, B.B. (2015). Economic and Environmental Performances of Organic Farming System Compared to Conventional Farming System: A Case Study of the Horticulture Sector in the Niayes Region of Senegal. doi: [10.1016/j.proenv.2015.07.132](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.132)
- Baryshnikov, G.Ya., Voronkova, O.Yu., Baryshnikova, O.N., El'chishchev, E.A. (2016) Rajonirovanie territorii Altajskogo kraja dlya proizvodstva ehkologicheski chistoj sel'skohozyajstvennoj produkcii. Barnaul (in Russian).
- Buysse, J., Huylenbroeck, G., Lauwers, L. (2007). Normative, Positive and Econometric Mathematical Programming as Tools for Incorporating of Multifunctionality in Agriculture Policy Modelling. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 120, 70-80.
- Gabriel, D., Sait, S.M., Kunin, W.E., Benton, T.G. (2013). Food Production vs. Biodiversity: Comparing Organic and Conventional Agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 50, 355-364.
- Díaz-Balteiro, L., Romero, C. (2003). Forest Management Optimisation Models when Carbon Captured is Considered. *Forest Ecology and Management*, 174, 447-457.
- Dik, V.V. (2001) Metodologiya formirovaniya reshenij v ehkonomicheskikh sistemah i instrumental'nye sredy ih podderzhki. Moscow. (in Russian)
- Dore´, T., Makowski, D., Male´zieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., TITTONELL, P. (2011). Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. *Eur J Agron*, 34, 197-210.
- Gluhov, V.V., Mednikov, M.D., Korobko, S.B. (2005) Matematicheskie metody i modeli dlya menedzhmenta. Saint Petersburg. (in Russian)
- Groot, J.C.J., Rossing, W.A.H. (2011). Model-aided learning for adaptive management of natural resources: an evolutionary design perspective. *Methods Ecol Evol*, 2, 643-650.
- Hachatryan, N.K. (2008) Matematicheskoe modelirovanie ehkonomicheskikh system. Moscow (in Russian)
- Katargin, N.V. (2013) Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie v Excel. Saratov. Retrieved from: <http://www.iprbookshop.ru/17777.html/>. Accessed on 25.09.2017 (in Russian)
- Keating, B.A., Carberry, P.S., Bindraban, P.S., Asseng, S., Meinke, H., Dixon, J. (2010). Eco-efficient agriculture: concepts, challenges and opportunities. *Crop Sci*, 50, 109.
- Nemes, N. (2009). Comparative Analysis of Organic and Non-organic Farming Systems: A Critical Assessment of Farm Profitability. Food and Agriculture Organization of the United Nations Natural Resources Management Environment Department.
- Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A. (2012). Comparing the Yields of Organic and Conventional Agriculture. *Nature*, 485, 229-232.
- Shikin, E.V. (2004) Matematicheskie metody i modeli v upravlenii. Moscow (in Russian)
- Sycheva, I.N., Ovchinnikov, Y.L., Permyakova, E.S., Voronkova, O.Yu. (2017). Organic Production at Long-fallow Lands as a Strategic Resource of the Food Import Substitution Policy. *Revista Espacios*, 38(33), 40.
- Weintraub, A.R.C., Bjordal, T. (2000a). Operations Research Models for Problems Concerning Natural Resources. *Annals of Operations Research*, 94, 1-373.
- Weintraub, A.R.C., Bjordal, T. (2000b). Operations Research Models for Problems Concerning Natural Resources. *Annals of Operations Research*, 95, 1-365.

Citation:

Voronkova, O.Yu., Sycheva, L.N. (2017). Application of environmental criteria in economic-mathematical modeling for the development of organic agricultural production. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 151-156.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License
