

УДК 620.91:633.1:631.582

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРОТКОРОТАЦИОННЫХ СЕВООБОРОТОВ

**А. В. КОХАН, В. В. ГАНГУР, А. И. ЛЕНЬ**

*Полтавская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. Н.И. Вавилова  
Института свиноводства и АПП НААН Украины,  
г. Полтава, Украина, alexandrilen@ukr.net*

*(Поступила в редакцию 15.13.2018)*

*По результатам исследований, проведенных в 2011–2015 гг., установлено, что для получения оптимального энергетического эффекта выращивания сельскохозяйственных культур севооборот необходимо насыщать наиболее энергетическими культурами, такими как подсолнечник и кукуруза.*

*Обоснованы научно-практические предложения относительно оптимизации структуры агроландшафтов, посевных площадей, распространения энергетически эффективных сельскохозяйственных культур с высоким биологическим потенциалом продуктивности и высокой степенью его реализации в условиях Левобережной лесостепи Украины. Энергосбережение определено одним из приоритетных направлений государственной политики Украины и должно реализовываться как долгосрочная и четко спланированная программа действий. Основное преимущество энергетической оценки заключается в возможности определения постоянных величин затрат энергии за соответствующий промежуток времени, что, в отличие от стоимостной оценки с ее инфляционными процессами и различными уровнями цен на сельскохозяйственную продукцию, является важным фактором. Энергетическая адаптация земледелия в условиях естественной и рыночной среды с учетом требований экологической безопасности и необходимости производства конкурентоспособной продукции – объективная основа обоснованной концепции интеграции отечественного сельского хозяйства в мировом агропромышленном рынке. На основе энергетической оценки установлено оптимальное насыщение и размещение сельскохозяйственных культур в короткоротационных севооборотах Левобережной лесостепи Украины. Для условий недостаточного увлажнения Левобережной лесостепи Украины лучшими короткоротационными севооборотами можно считать севообороты со следующим чередованием культур: соя – пшеница озимая – кукуруза; соя – пшеница озимая – подсолнечник – кукуруза; соя – пшеница озимая – кукуруза – кукуруза. Такие севообороты обеспечивают получение с 1 гектара пашни 1,18–1,66 т продовольственного зерна, 3,66–4,64 т фуражного зерна, 5,23–5,50 т зерновых и 6,23–8,27 т кормовых единиц.*

**Ключевые слова:** *продуктивность севооборота, энергетическая эффективность, оптимальное размещение культур, выход зерна, коэффициент энергетической эффективности, короткоротационные севообороты.*

*According to the results of studies conducted in 2011–2015, we have established that in order to obtain the optimal energy effect of growing crops, the crop rotation needs to be saturated with the most energy crops, such as sunflower and corn.*

*We have substantiated scientific and practical proposals for optimizing the structure of agricultural landscapes, acreage, distribution of energy efficient crops, with a high biological potential of productivity and a high degree of its implementation in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. Energy saving is definitely one of the priority directions of the state policy of Ukraine and should be implemented as a long-term and well-planned action plan. The main advantage of the energy assessment lies in the possibility of determining the fixed values of energy expenditure for an appropriate period of time, which, unlike the valuation with its inflation processes and various levels of prices for agricultural products, is an important factor. Energy adaptation of farming in the natural and market environment, taking into account the requirements of environmental safety and the need to produce competitive products, is an objective basis of a reasonable concept of integration of domestic agriculture in the global agro-industrial market. On the basis of energy assessment, we have established the optimum saturation and placement of agricultural crops in short-term crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. For conditions of insufficient moistening of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine, the best short-term crop rotations could be crop rotations with the following crop alternation: soybean – winter wheat – maize; soybean – winter wheat – sunflower – maize; soybean – winter wheat – maize – maize. Such crop rotations provide for arable land production of 1.18–1.66 tons of food grain, 3.66–4.64 tons of feed grain, 5.23–5.50 tons of grain, and 6.23–8.27 tons of feed units per 1 hectare of arable land.*

**Key words:** *crop rotation productivity, energy efficiency, optimal placement of crops, grain yield, energy efficiency ratio, short-term crop rotations.*

### **Введение**

Основным заданием земледелия в начале третьего тысячелетия является получение максимально возможной биологической продукции из меньшей площади при наименьших затратах с целью наилучшего удовлетворения потребностей населения в питании, а промышленности – в сырье для жизни людей.

В рационально построенных короткоротационных севооборотах учитываются такие аспекты, как специфика ведения хозяйства и особенности действия и последствия

сельскохозяйственных культур, технология выращивания зерновых, зернобобовых и других сельскохозяйственных культур. Благодаря чему повышается производительность используемых земельных угодий, эффективность удобрений, лучше реализуются потенциальные возможности сортов, снижается влияние неблагоприятных факторов на почву [3, 5, 10].

В условиях реформ рыночная экономика нуждается в насыщении ее зерновой продукцией. Поэтому во многих странах ежегодно увеличиваются посевные площади под зерновые культуры за счет сокращения площадей под пропашные или кормовые культуры [7].

Сельское хозяйство является одним из основных звеньев народнохозяйственного комплекса государства, важным резервом, который ежегодно используется все больше и обеспечивает высокие урожаи зерновых культур за счет интенсивных технологий выращивания и расширения посевных площадей.

В производственных условиях эффективность технологий возделывания можно увеличить за счет правильного выбора предшественника и разных видов севооборотов. В результате чего продукцию земледелия можно получать в больших объемах при наименьших затратах ресурсов и энергии [2, 9].

В отличие от ценовых показателей система энергетических показателей дает возможность определять затраты независимо от колебаний цен на рынке, инфляционных процессов и ценовой диспропорции. Подобный анализ в общем виде можно представить как метод комплексной оценки потенциальных возможностей сельскохозяйственного производства через энергетические эквиваленты затраченных ресурсов и производительности [1, 8].

Энергетическая оценка в производстве продовольственной продукции занимает большое народнохозяйственное значение, поскольку соотношение между величинами поступления и расходами энергии выражается энергетическим коэффициентом, который более детально характеризует экономический анализ [3, 4].

Цель исследований заключается в разработке системы мероприятий для повышения производительности и энергетической эффективности сельскохозяйственного производства на основе энергетической оценки потраченных материально-технических и трудовых ресурсов и полученного энергетического потенциала производительности сельскохозяйственного производства Левобережной лесостепи Украины.

### **Основная часть**

Исследования проводили в 2011–2015 гг. на Полтавской ГСХОС им. Н. И. Вавилова Института свиноводства и АПП в стационарном полевом опыте, в котором изучается 12 севооборотов с короткой ротацией. По районированию опытная станция относится к Левобережной лесостепи Украины. Почвы севооборотов представлены черноземом типичным малогумусным, пахотный слой которого характеризуется следующими основными агрохимическими и агрофизическими показателями: содержание гумуса – 4,9–5,2 %; азота, который гидролизует (по Тюрину и Кононовой), – 5,4–6,8;  $P_2O_5$  в уксуснокислой вытяжке (по Чирикову) – 10,0–13,1 мг; обменного калия (по Масловой) – 17,1–20,0 мг на 100 г почвы; реакция почвенного раствора слабокислая, рН солевой вытяжки – 6,3. Плотность составления пахотного слоя почвы – 1,05–1,17 г/см<sup>3</sup>; общая скважистость – 55,5–59,8 %, наименьшая полевая влагоемкость (0–30 см) – 29,7–31,5 %.

Метод проведения исследований: полевой, дополненный лабораторными анализами. Повторность четырехкратная, размещение вариантов в повторении систематическое. Размеры участков: посевных 173 м<sup>2</sup>, учетных для культур сплошного способа сева 96 м<sup>2</sup>, для кукурузы, подсолнечника 50,4 м<sup>2</sup>, сахарной свеклы 64,8 м<sup>2</sup>

Климат Полтавской области умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, холодной зимой и жарким, а часто и сухим летом. Среднегодовая температура воздуха составляет +7,6 °С, количество осадков – 574 мм. Погодные условия в годы проведения исследований отличались от среднемноголетних. Сумма осадков за 2011 г. составила 541,6 мм, средняя температура воздуха 8,9 °С; в 2012 г. – 339,0 мм, средняя температура воздуха

9,6 °С. В последующие годы исследований соответственно: в 2013 г.– 528,2 мм и +9,5 °С; в 2014 г.– 511,3 мм и +9,8 °С; в 2015 г. – 482,0 мм и +9,43 °С.

Разная интенсивность использования пашни и отличия в величине урожайности культур в зависимости от предшественников и насыщенности ими севооборотов (25 %; 33,3 %; 50 %; 66,6 %) не могли не отразиться на производительности севооборотов в целом. Так, наибольший сбор зерна с 1 гектара пашни получен в 100 % зерновых севооборотах, в структуре которых кукуруза на зерно занимает от 33 до 50 %. В трехпольном севообороте: соя – пшеница озимая – кукуруза отмечен наибольший сбор зерна с 1 гектара пашни (4,38 т/га) (табл. 1).

Выход продовольственного зерна в трехпольных и четырехпольных севооборотах составляет 1,27–1,66 т. Наибольший выход кормовых единиц с 1 гектара получен в севооборотах, где высевали свеклу сахарную – 8,21, 9,07 и 9,36 т/га соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась и с выходом переваримого протеина – 0,60 и 0,66 т/га соответственно.

В среднем за годы исследований наименьший выход зерна (2,18–2,20 т) с 1 гектара севооборота получили в двух севооборотах, где предшественником пшеницы озимой были эспарцет и подсолнечник.

Таблица 1. Продуктивность трехпольного и четырехпольного севооборотов, среднее за 2011–2015 гг.

№ сево-та	Чередование культур в севообороте	Выход с 1 гектар площади севооборота, т				
		зерна		зерновы х единиц	кормовы х единиц	Переваримо го протеина
		в сево	продовольс твенного			
	Соя, кукуруза, подсолнечник	3,29	–	4,98	5,88	0,55
	Подсолнечник, пшеница озимая, сахарная свекла	2,20	1,54	6,36	8,21	0,65
	Соя, пшеница озимая, кукуруза	4,38	1,66	5,47	7,80	0,59
	Соя, пшеница озимая, подсолнечник	2,91	1,65	4,94	4,76	0,56
	Пшеница озимая, ячмень яровой, сахарная свекла	2,61	1,57	5,72	9,07	0,60
0	Эспарцет, пшеница озимая, подсолнечник	2,18	1,55	5,14	5,20	0,45
1	Соя, пшеница озимая, ячмень яровой	3,16	1,52	3,93	5,14	0,45
2	Горох, пшеница озимая, подсолнечник	3,01	1,66	4,87	4,59	0,52
3	Соя, пшеница озимая, сахарная свекла, кукуруза	3,34	1,27	6,04	9,36	0,66
4	Соя, пшеница озимая, подсолнечник, кукуруза	3,66	1,18	5,23	6,23	0,55
6	Соя, пшеница озимая, кукуруза, кукуруза	4,66	1,21	5,50	8,27	0,57
9	Соя, кукуруза, кукуруза, ячмень яровой	4,18	–	4,79	7,70	0,48

Максимальная продуктивность за годы исследований среди четырехпольных севооборотов была 16 при такой последовательности культур: соя – пшеница озимая – кукуруза – кукуруза, где в среднем из 1 гектара выход зерна составлял 4,66 т, кормовых единиц – 8,27 т и перевариваемого протеина – 0,57 т.

В процессе анализа продуктивности трехпольных и четырехпольных севооборотов отмечена тенденция к ее снижению (выход зерна, зерновых и кормовых единиц, перевариваемого протеина) при снижении части зерновых культур в севообороте от 100 % до 33,3 %.

Следовательно, продуктивность севооборотов прямо пропорционально зависит от урожайности сельскохозяйственных культур, которые находятся в ротации. Повышение уровня урожайности хотя бы одной из культуры одновременно повышает и продуктивность

всего севооборота в целом.

Таким образом, при полном насыщении короткоротационных севооборотов зерновыми культурами, их продуктивность растет. Обоснованное размещение культур в севообороте, с учетом их биологических особенностей, использование лучших предшественников и высокой культуры земледелия дает возможность расширить пределы производительности севооборотов.

Биоэнергетическая оценка севооборотов показала, что энергетический коэффициент зависел не только от производительности исследуемых севооборотов, но и от набора и части культур в структуре каждого из севооборотов.

Анализируя энергетическую эффективность севооборота, было установлено, что наибольший энергетический коэффициент (7,93) получали в трехпольном севообороте (соя – пшеница озимая – кукуруза) при этом выход валовой энергии составлял 196 ГДж/га. Несколько ниже этот показатель был в трехпольном севообороте (подсолнечник – пшеница озимая – свекла сахарная) и составлял – 7,75. Самое низкое значение коэффициента отмечено в севообороте соя – пшеница озимая – ячмень яровой – 5,46, где был получен самый низкий выход валовой энергии – 143 ГДж/га. (табл. 2).

Промежуточное значение коэффициента энергетической эффективности – от 7,05 до 7,75 отмечалось в севооборотах № 2, 8 и 10. Такие севообороты условно считаются стабильными по отношению к выходу валовой энергии. Размещение свеклы сахарной в севооборотах позволяет получать высокий выход энергии (от 216 до 243 ГДж/га), однако расходы энергии в таких севооборотах прямо пропорциональные, потому уровень энергетической эффективности севооборотов с этой культурой составляет от 6,74 до 8,02.

Низкий уровень поступления энергии с урожаем культур гороха, свеклы сахарной, ячменя ярового снижало общие показатели энергетической эффективности севооборотов. Поэтому выращивание в трехпольном севообороте больше одной культуры с низкой ее энергоемкостью (севооборот №11) предопределяет снижение энергетической эффективности севооборота на 45,2 %.

Таблица 2. Энергетическая оценка севооборотов с короткой ротацией, среднее за 2011–2015 гг.

№ севооборота	Энергоемкость, ГДж/га	Энергозатраты			Коэффициент энергетической эффективности (К <sub>ее</sub> )
		ГДж/га	ГДж/т зерновых единиц	ГДж/т кормовых единиц	
2	161	22,5	4,36	3,34	7,15
3	243	36,1	4,89	3,40	6,74
6	196	24,8	3,58	4,27	7,93
8	187	24,1	4,37	4,15	7,75
9	195	30,9	4,82	3,00	6,32
10	157	22,3	4,48	4,14	7,05
11	143	26,2	5,25	4,12	5,46
12	163	26,5	5,39	5,22	6,15
13	216	27,0	3,53	2,29	8,02
14	189	22,3	3,70	2,89	8,49
16	197	23,8	3,41	2,29	8,25
19	165	23,5	4,01	2,51	7,01

В процессе энергетической оценки четырехпольных севооборотов определено, что наивысший энергетический коэффициент (8,25–8,49 т/га) достигался в севооборотах № 14 и 16. В результате чего в севообороте № 16 с частью зерновых 100 % отмечалось наивысшее значение энергетического показателя – 8,25. Таким образом, размещение двух полей энергоемкой кукурузы обеспечило высокий показатель получения энергии в севообороте – 197 ГДж/га, с минимальными энергозатратами – 23,8 ГДж/га.

Сравнивая севооборот № 16 с севооборотами № 13 с № 19, где поля кукурузы заменены полями свеклы сахарной и соответственно ячменем яровым, отмечаем, что продуктивность их на 60 % снижается. Выращивания этих культур в севообороте дает самый низкий коэффициент энергетической эффективности – 7,01 и 8,02 соответственно.

Следовательно, насыщение короткоротационных севооборотов высокопродуктивными и энергоемкими культурами ведет к увеличению выхода зерновой продукции и росту

коефіцієнта енергетическої ефективності, який складає для трьохпольних севооборотів відповідно 4,38 т/га і 7,93, що в порівнянні з іншими севооборотами більше на 1,09–2,18 т/га і 0,18–2,47 відповідно. Для чотирьохпольних севооборотів – 4,66 т/га і 8,49, що перевищує інші варіанти на 0,5–1,33 т/га і 0,47–1,48 відповідно.

Таким чином, при енергетическій оцінці севооборотів важливу роль грає не тільки земледільська культура вирощування, але й особливості предшественників і насичення севооборота зерновими культурами з різним набором культур.

### **Заклучение**

По результатам проведенных исследований установлено, что для достижения оптимального энергетического эффекта выращивания сельскохозяйственных культур севооборот необходимо насыщать наиболее энергетическими культурами, такими как подсолнечник и кукуруза.

Енергетическая адаптация земледелия в условиях естественного и рыночной среды – с учетом требований экологической безопасности и необходимость производства конкурентоспособной продукции – объективная основа обоснованной концепции интеграции отечественного сельского хозяйства в мировой агропродовольственный рынок. Нужно как можно быстрее переходить от максимального производства до оптимального, которое необходимо оценивать не только по объемам производства, но и по поступлению энергии по сравнению с энергозатратами, что возможно достичь только с помощью энергетических эквивалентов, то есть сопоставление энергетического потенциала и энергетических затрат. Это позволит сделать вывод об экономико-энергетическую эффективность землепользования.

Для условий недостаточного увлажнения Левобережной лесостепи Украины лучшими короткоротационными севооборотами можно считать севообороты с следующим чередованием культур: соя – пшеница озимая – кукуруза; соя – пшеница озимая – подсолнечник – кукуруза; соя – пшеница озимая – кукуруза – кукуруза. Такие севообороты обеспечивают получение с 1 гектара пашни 1,18–1,66 т продовольственного зерна, 3,66–4,64 т фуражного зерна, 5,23–5,50 т зерновых и 6,23–8,27 т кормовых единиц.

При построении оптимальной структуры посевных площадей следует учитывать размеры производства, которые могут быть ограничены агробиологические факторами или научно обоснованной зональной системой земледелия, например, в растениеводстве – потребностями научно обоснованных севооборотов, а в животноводстве – наличием кормов и природными темпами прироста животных.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Бойко, П. І. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві / П. І. Бойко, Н. П. Коваленко, В. В. Гангур, О. Є. Корецький // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – Полтава, 2010. – № 3. – С. 14–18.
2. Браженко, І. П. Біоенергетична оцінка польових культур / І. П. Браженко, О. П. Райко, К. П. Удовенко // Вісник аграрної науки. – 1996. – № 10. – С. 22–27.
3. Волощук, М. Д. Продуктивність короткоротационних сівозмін західного регіону / М. Д. Волощук, Л. В. Дука, Г. Й. Селькін // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 4. – С. 27–29.
4. Городній, М. М. Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва: підручник / М. М. Городній. – К: Арістей, 2006. – 484 с.
5. Продуктивність і економічна ефективність сівозмін в умовах правобережного Лісостепу України / П. Д. Гринчук, М. П. Андрощук [та ін.]. // Респ. тем. зб. «Землеробство». – 1991. – Вип. 66. – С. 44–51.
6. Корецький, О. Є. Енергетична ефективність короткоротационних сівозмін Лівобережного Лісостепу / О. Є. Корецький // Аграрний вісник Причорномор'я. – 2013. – Вип. 66. – С. 50–55.
7. Кутенов, Б. М. Питательная ценность многолетних трав в процессе вегетации / Б. М. Кутенов // Кормопроизводство. – 2000. – № 5. – С. 27–30.
8. Методичні основи енергетичної оцінки систем землеробства та технологій вирощування продукції рослинництва / За ред. А. М. Огінського. – К.: Інститут землеробства УААН, 1997. – 27 с.
9. Комплексна оцінка ефективності сівозмін з різним насиченням зерновими культурами / Г. М. Русанова, А. В. Русанов, Н. П. Коваленко [та ін.]. // Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. – 1999. – № 6. – С. 70–72.
10. Юркевич, Є. О. Особливості технологій вирощування зернових культур у різноротационних сівозмінах південного Степу України / Є. О. Юркевич, Н. П. Коваленко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2009. – № 3. – С. 28–32.