

УДК 632.51:622.915

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРУЮЩЕГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОРНЫЙ КОМПОНЕНТ АГРОФИТОЦЕНОЗА

А.В. ЗАХАРЕНКО

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В условиях рыночной экономики не всегда удастся дать адекватную оценку эффективности антропогенных регулирующих мероприятий. В статье предлагается использовать менее подверженные конъюнктуре рынка энергетические показатели, на основе которых разработан методический подход к определению эффективности таких мероприятий. Приводятся примеры конкретных расчетов по данным многолетних опытов.

Энергетическая эффективность антропогенных регулирующих мероприятий является одним из основных критериев при разработке систем управления сорным компонентом агрофитоценоза, позволяющих при прочих равных условиях обеспечивать более высокую продуктивность культурного компонента. Разрабатывая такие системы, необходимо решить 2 основные проблемы:

— создание оптимальных условий для роста и развития культурных растений за счет входящих потоков

естественной и антропогенной энергии;

— эффективное регулирование структурных параметров сорного компонента агрофитоценоза с целью уменьшения интенсивности конкурентного воздействия на культурные растения.

В настоящее время в условиях рыночной экономики при быстром и непредсказуемом росте цен на сельскохозяйственную технику, энергоносители, пестициды не всегда удается дать адекватную оценку

эффективности регулирующих антропогенных мероприятий в стоимостном выражении. Для более точной оценки их эффективности наряду со стоимостными показателями предлагается использовать менее подверженные конъюнктуре рынка и рыночной экономики натуральные энергетические показатели. В работах отечественных и зарубежных исследователей, посвященных оценке энергетической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур [1—4, 7—9], до сих пор не описаны методы определения энергетической эффективности регулирующего антропогенного воздействия на сорный компонент агрофитоценоза, что затрудняет проведение всесторонней оценки и объективный выбор наиболее эффективных мероприятий.

В настоящей работе рассматриваются такие методы оценки и порядок расчетов показателей энергетической эффективности.

Для оценки энергетической эффективности регулирующего антропогенного воздействия на сорный компонент агрофитоценоза проведено сопоставление полученного биоэнергетического эффекта и энергетических затрат, связанных с осуществлением регулирующих мероприятий.

Биоэнергетическая оценка дополнительного урожая, полученного в результате осуществления регулирующих мероприятий, выполняется в 2 этапа: сначала определяется дополнительный урожай (Y_d , ц/га), полученный от применения регулирующих мероприятий с учетом его качественных характеристик, затем рассчитывается энергетический эк-

вивалент дополнительного урожая (EY_d , МДж/га).

Для определения дополнительно урожая можно использовать один из двух методов:

— сопоставление урожайности культур при использовании регулирующих мероприятий и без их применения (контроль) в соответствии с требованиями методики полевого опыта;

— расчет дополнительного урожая на основе данных об исходной численности сорных растений, их вредности, а также обобщенных данных об эффективности регулирующих мероприятий и фактической урожайности сельскохозяйственных культур.

Расчетные значения доли урожая основных сельскохозяйственных культур, полученной в результате проведения регулирующих мероприятий с технической эффективностью на уровне 80%, представлены в табл. 1.

Дополнительный урожай рассчитывается по уравнению

$$Y_d = Y \cdot K_x \cdot K_1, \quad (1)$$

где Y_d — дополнительный урожай в результате регулирующих мероприятий, ц/га; Y — фактический урожай, ц/га; K_x — коэффициент, характеризующий снижение урожая при засоренности посевов с баллом x ; K_1 — коэффициент эффективности, отражающий соотношение показателей технической эффективности к стандартному показателю 80%.

Для оценки EY_d , энергосодержание единицы массы урожая умножают на массу дополнительного урожая по уравнению

$$EY_d = K_y \cdot Y_d, \quad (2)$$

Доля урожая (% к общему), полученного в результате регулирующего антропогенного воздействия на сорный компонент агрофитоценоза при технической эффективности 80% (данные В.А. Захаренко)

Культура	Засоренность посевов		
	слабая	средняя	сильная
Зерновые колосовые	6,7	12,6	17,0
Кукуруза на зерно	8,3	15,6	21,9
Лен-долгунец (волокно)	7,4	14,8	21,3
Картофель	5,7	13,0	19,4
Овощные культуры	6,0	14,7	21,9
Кукуруза на силос	7,4	16,0	23,1
Плодовые и виноградники	6,3	15,2	24,0

где K_1 — энергетический коэффициент 1 ц урожая, МДж.

Энергетический эквивалент доли прибавки урожая, полученной в результате регулирующего воздействия гербицидов на сорный компонент агрофитоценоза ($EY_{др}$), можно рассчитать по формуле

$$EY_{др} = \frac{Y \cdot K_1 \cdot Y_{др} \cdot \mathcal{E}_ф}{\mathcal{E}_н \cdot 100}, \quad (3)$$

где K_1 — энергетический эквивалент 1 ц урожая, МДж; $Y_{др}$ — доля прибавки урожая от применения гербицидов, %; $\mathcal{E}_ф$ — фактическая техническая эффективность применения гербицидов, %; $\mathcal{E}_н$ — приведенная техническая эффективность применения гербицидов ($\mathcal{E}_н = 80\%$).

Для более полной оценки биоэнергетической эффективности регулирующих мероприятий целесообразно учитывать биохимический состав дополнительного урожая:

$$EY_{\delta} = Y_{\delta x} \cdot K_x + Y_{\delta y} \cdot K_y + Y_{\delta \phi} \cdot K_{\phi}, \quad (4)$$

где $Y_{\delta x}$, $Y_{\delta y}$ и $Y_{\delta \phi}$ — соответственно содержание в дополнительном урожае жира, углеводов и белка; K_x , K_y ,

K_{ϕ} — энергетическая ценность жира, углеводов и белка, МДж/кг.

При использовании регулирующего воздействия гербицидов в посевах пропашных культур целесообразно учитывать положительный эффект их применения, связанный не только с ростом урожайности в результате уменьшения конкурентного воздействия сорного компонента агрофитоценоза, но и с сокращением ручных прополок и механических обработок (боронование, культивация) в чистых от сорных растений посевах. В результате заметно сокращаются энергетические затраты по уходу, уборке и доработке урожая, его транспортировке и в процессе реализации.

Экономия суммарных энергетических затрат на прополках \mathcal{E}_c определяется в виде энергетических эквивалентов экономии живого труда при выполнении отдельных технологических операций. \mathcal{E}_c (МДж/га) на прополках при использовании регулирующего воздействия гербицидов оценивается по уравнению

$$\varepsilon_c = \left[\sum_{i=1}^N \frac{T_i}{H_i^p} + \sum_{i=1}^N \left(\frac{T_i}{H_i} - \frac{T_i}{H_i^r} \right) \right] \cdot K, \quad (5)$$

где T_i — продолжительность смеи при выполнении i -й работы, ч; H_i^p — норма выработки на i -й работе, сокращенной в результате применения гербицидов, га/смена; H_i и H_i^r — нормы выработки при выполнении i -й работы соответственно на засоренных и очищенных в результате применения гербицидов посевах, га/смена; N — количество работ; K — энергетический эквивалент трудовых затрат, МДж/чел · смена.

Аналогично проводится расчет экономии энергетических затрат при сокращении количества механических обработок почвы.

Исходными данными для оценки энергозатрат являются: фактические энергетические эквиваленты затрат материально-технических и трудовых ресурсов, рассчитанные на основе материалов статистической и ведомственной отчетности; нормативы расхода энергоносителей; расчетно-аналитические и справочные данные. Суммарные энергетические затраты на проведение системы регулирующих мероприятий включают энергетические эквиваленты затрат на производство и использование всех материально-технических и трудовых ресурсов, реализуемых при выполнении каждого отдельного регулирующего мероприятия. При этом учет энергозатрат проводится от этапа разведки и производства сырья и материально-технических средств до этапа их применения в системе регулирующих мероприятий.

Так как для химического метода регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза разработан наиболее полный перечень технологических процессов, в настоящей работе приводится детальная оценка полного перечня энергетических затрат при использовании именно этого метода.

Известно, что суммарные энергозатраты подразделяются на прямые и овеществленные. Прямые затраты включают затраты живого труда и энергоносителей (горючего, смазочных материалов, электроэнергии и др.), которые непосредственно утилизируются при проведении регулирующих мероприятий, овеществленные — энергозатраты на изготовление, хранение и транспортировку тракторов, сельскохозяйственных машин и гербицидов.

Энергетические эквиваленты затрат живого труда, рассчитанные как указывалось выше, по всей технологической цепи, на первом этапе определяются в натуральных показателях (чел.-дни, чел.-ч), а затем пересчитываются в энергетические.

Примерные технологические схемы проведения регулирующих мероприятий и нормы выработки на отдельных технологических процессах опубликованы ранее [5].

Энергетические эквиваленты затрат топлива и электроэнергии, подобно трудовым, рассчитываются по всем операциям технологических схем регулирующих мероприятий. При этом затраты суммируются в натуральных показателях в расчете на 1 га, а затем с помощью энергетических эквивалентов переводятся в энергетические.

Энергетические затраты на производство гербицидов включают

энергетические эквиваленты затрат на добычу сырья для производства исходных продуктов, синтез действующих веществ и изготовление препаратов. Энергетические затраты на производство гектарной нормы гербицидов определяются как произведение энергетических эквивалентов затрат, расходуемых на синтез действующего вещества и изготовление препарата, содержащего 1 кг д.в.

Энергозатраты на изготовление технических средств и оборудования, используемых при транспортировке гербицидов, приготовлении рабочих растворов, а также при непосредственном их применении включают энергетические затраты на добычу руд, выплавку металлов, на производство машин, участвующих в проведении регулирующих мероприятий.

На основе межотраслевых балансов установлены совокупные энергетические затраты на выплавку 1 т стали, других металлов и материа-

лов, а также затраты на производство технических средств с учетом используемых материалов [5].

Согласно методике расчетов энергетических эквивалентов затрат технических средств [5] при его проведении принимается во внимание технологическая последовательность выполнения работ по применению гербицидов.

По данным о массе тракторов, автомобилей, электродвигателей, машин для транспортировки, приготовления рабочих растворов гербицидов, техники для проведения регулирующих мероприятий, об уровнях амортизационных энергетических эквивалентов, сезонной выработке машин и тракторов и часовой производительности рассчитывается масса машин и ее энергетический эквивалент, приходящиеся на 1 га сельскохозяйственных угодий при выполнении конкретного технологического приема. Полученный результат оценивается в энергетических единицах по уравнению

$$\mathcal{E}_T = \left[\left(\frac{M_M \cdot K_{AM}}{B_M \cdot \Pi_M} \right) \cdot (K_{MM} + K_M) \right] + \left[\left(\frac{M_T \cdot K_{AT}}{B_T \cdot \Pi_T} \right) \cdot (K_{MT} + K_T) \right], \quad (6)$$

где \mathcal{E}_T — энергетические затраты на производство техники, осуществляющей транспортировку, приготовление препаратов и рабочих растворов, МДж/га; M_M — масса сельскохозяйственной машины, кг; M_T — масса трактора, транспортного средства, электродвигателя, кг; K_{AT} — норма амортизационных энергетических эквивалентов на трактора, транспортные средства, электродвигатели, %; B_M — выработка машины в год, ч; K_{AM} — норма

амортизационных энергетических эквивалентов на сельскохозяйственные машины, %; B_T — выработка трактора, транспортного средства, электродвигателя в год, ч; Π_M — производительность машины, га/ч; Π_T — производительность трактора, транспортных средств, электродвигателя, га/ч; K_{MM} — энергетический эквивалент затрат на производство 1 кг металла для машин по защите растений, МДж; K_{MT} — энергетический эквивалент затрат на

производство 1 кг металла для тракторов, транспортных средств, электродвигателя, МДж; K_m — энергетический эквивалент затрат на производство машины, МДж на 1 кг массы; K_T — энергетический эквивалент затрат на производство тракторов, транспортных средств, электродвигателей, МДж на 1 кг массы.

Расчеты проводятся отдельно на транспортировку воды и препаратов, приготовление рабочих растворов, внесение гербицидов, осуществление механических регулирующих агроприемов и другие технологические процессы.

Энергетические затраты на ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственных машин, тракторов, транспортных средств, электродвигателей и другой техники, используемой для проведения регулирующих мероприятий, определяются с учетом массы техники, ее годовой загрузки, энергетических эквивалентов, норм ежегодных отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание.

Обобщающими показателями энергетической эффективности регулирующих мероприятий являются энергосодержание дополнительного урожая, совокупные энергетические затраты на проведение регулирующих мероприятий и коэффициент энергетической эффективности (K_e), который определяется по формуле

$$K_e = \frac{Y_3 + Z_3}{Z_c}, \quad (7)$$

где Y_3 — энергосодержание дополнительного урожая, полученного в результате регулирующих мероприятий, МДж/га; Z_3 — экономия

энергосодержания на работах по уходу за посевами, уборке и доработке урожая, МДж/га; Z_c — совокупные энергетические затраты на проведение регулирующих мероприятий, МДж/га.

Значение $K_e > 1$ свидетельствует об энергетической эффективности регулирующих мероприятий. Более высокое значение коэффициента отражает более высокую энергетическую эффективность.

Методы расчета энергетической эффективности регулирующих мероприятий приводятся на примере применения химического метода в посевах озимой пшеницы и картофеля.

Пример 1. Оценка энергетической эффективности применения симазина при разных системах обработки почвы.

Расчет проводится по материалам полевых опытов Почвенно-агрономической станции им. В.Р. Вильямса ТСХА (Подольский район Московской области), заложенных А.И. Пупониным. Подробное описание схем опытов, систем обработки почвы, норм применения удобрений и гербицидов и методики проведения исследований опубликовано ранее [6].

Сравнивается энергетическая эффективность регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза симазина в норме 0,5 кг/га при дождевой обработке посевов озимой пшеницы на фоне систем отвальной и фрезерной минимальной обработок дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

Энергетические затраты на технические средства (трактора, машины), используемые при внесении симазина, рассчитаны с учетом энер-

гетических эквивалентов затрат на изготовление тракторов (75 МДж/кг), машин (60 МДж/кг), на дизельное топливо (52,8 МДж/кг). Энергозатраты на внесение симазина (транспортировку воды для приготовления рабочего раствора, приготовле-

ние рабочего раствора в емкости опрыскивателя и дальнейшее внесение) составили 2201 МДж/га, в том числе транспортировка воды — 975 МДж/га, опрыскивание с предварительным приготовлением рабочего раствора — 1226 МДж/га (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Энергозатраты на применение симазина в посевах озимой пшеницы

Технологическая операция	Энергозатраты технические, МДж/га		Расход топлива, кг/га	Энергетический эквивалент затрат топлива, МДж/га	Текущий ремонт, МДж/га	Итого, МДж/га
	трактор	машина				
Транспортировка воды	311	341	1,2	62	261	975
Опрыскивание	424	382	1,9	98	322	1226

Общие энергозатраты на применение симазина — 2774,9 МДж/га, коэффициенты энергетической эффективности применения симазина

на фоне отвальной обработки почвы — 2,7; фрезерной минимальной — 3,1 (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Энергетическая эффективность регулирующего воздействия симазина на сорный компонент агрофитоценоза

Показатель	Отвальная обработка (контроль)	Фрезерная минимальная обработка
Урожайность, ц/га:		
с гербицидом	46,3	52,8
без гербицида	41,7	47,6
Прибавка урожая:		
ц/га	4,6	5,2
МДж/га	7567	8554
Энергозатраты на выполнение регулирующих мероприятий, МДж/га:		
всего	2413	2413
в т.ч. на внесение гербицида	2201	2201
на производство гербицида	212	212
Накладные энергозатраты	361,9	361,9
Всего энергозатрат на внесение гербицида	2774,9	2774,9
Коэффициент энергетической эффективности	2,7	3,1

Таким образом, результаты анализа энергетической эффективности регулирующего воздействия симазина на сорный компонент агрофитоценоза свидетельствуют о преимуществе его применения на фоне фрезерной минимальной обработки почвы.

Пример 2. Расчет энергетической эффективности применения прометрина при выращивании картофеля.

Обработку прометрином проводили методом опрыскивания. Норма препарата — 4 кг/га. Рабочий раствор готовили в баке опрыскивате-

ля. Воду подвозили агрегатом МТЗ-80 + ЗЖВ-1,8. Расход рабочего раствора — 200 л/га.

В результате регулирующего воздействия прометрина на сорный компонент урожайность картофеля на обработанных участках увеличилась на 8 ц/га. Энергосодержание дополнительного урожая составило 3,66 МДж/кг х 800 кг/га = 2928 МДж/га. Энергетические затраты на применение гербицида рассчитываются по группам. Прямые трудовые затраты на отдельных технологических операциях были равны 1,054 чел-ч/га (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Прямые трудовые затраты на отдельных технологических операциях

Технологическая операция	Норма выработки	Прямые трудовые затраты	
		расчет	итого, чел-ч/га
Погрузка гербицида в складе, разгрузка на поле	1 т/смену	$\frac{8 \text{ ч/смена}}{1000 \text{ кг/смена}} \times 4 \text{ кг/га} \times 2$	0,064
Подвоз воды для приготовления рабочего раствора	4800 л/24 га	$\frac{8 \text{ ч/смена}}{24 \text{ га/смена}}$	0,33
Приготовление рабочего раствора	4800 л/24 га	$\frac{8 \text{ ч/смена}}{24 \text{ га/смена}}$	0,33
Внесение рабочего раствора гербицида	24 га	$\frac{8 \text{ ч/смена}}{24 \text{ га/смена}}$	0,33
Итого			1,054

Энергетический эквивалент трудовых затрат составил: 1,054 х 2,5 МДж/чел-ч = 2,6 МДж/га.

Прямые затраты горючего при выполнении отдельных технологических операций достигали 3,122 кг дизельного топлива на 1 га (табл. 5).

Энергосодержание горючего равно 161,8 МДж/га (51,82 МДж/кг х 3,122 кг/га).

Овеществленные энергетические затраты включают энергетические

эквиваленты материально-технических ресурсов и труда, воплощенные в гербициде, технических средствах и ремонтных материалах для поддержания техники в рабочем состоянии.

На получение гектарной нормы действующего вещества прометрина израсходовано 420 Мдж, на производство наполнителей и препаративной формы — 120 МДж/га. В целом энергозатраты на производ-

Т а б л и ц а 5

Прямые затраты горючего на отдельных технологических операциях

Технологическая операция	Расход горючего	
	расчет	итога, кг/га
Транспортировка гербицида	1,373 кг/ткм x 0,004 т/га x 100 км	0,549
Транспортировка воды для приготовления рабочего раствора (200 л/га)	1,373 кг/ткм x 0,2 т/га x 5 км	1,373
Опрыскивание	Нормативные данные	1,200
Итого	—	3,122

ство гектарной нормы гербицида — 540 МДж.

Овещественные энергетические затраты, воплощенные в технических средствах и ремонтных материалах с учетом показателей металло-

емкости в расчете на 1 га обработанной гербицидом площади посадок картофеля при расходе металла соответственно 0,308 и 0,117 кг/га, были равны 21,4 и 8,1 МДж/га, а в целом — 29,5 МДж/га (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Овещественные энергетические затраты на технические средства (числитель) и ремонтные материалы (знаменатель)

Показатель	Технические средства			Всего
	МТЗ-80	ЗЖВ-1,8	ПОУ	
п	2	1	1	—
Масса, кг	3160	670	600	—
Амортизация, %	$\frac{17}{6,6}$	$\frac{20}{7,4}$	$\frac{20}{7,4}$	—
Годовая загрузка, ч	1400	550	550	—
Производительность, га/ч	4	4	4	—
Металлоемкость, кг/га	$\frac{0,096 \times 2}{0,037 \times 2}$	$\frac{0,061}{0,023}$	$\frac{0,055}{0,020}$	$\frac{0,308}{0,117}$
Энергетические затраты на производство материалов, МДж:				
на 1 кг	60	52	52	—
всего	$\frac{11,52}{4,4}$	$\frac{3,2}{1,2}$	$\frac{2,9}{1,0}$	$\frac{17,62}{6,6}$
Энергетические затраты на производство техники, МДж:				
на 1 кг	15	8	8	—
всего	$\frac{2,88}{1,1}$	$\frac{0,5}{0,2}$	$\frac{0,4}{0,2}$	$\frac{3,78}{1,5}$

Прямые и косвенные энергетические затраты оцениваются суммой 733,9 Мдж/га, а с учетом накладных

энергозатрат — 844,0 Мдж/га (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Суммарные энергетические затраты при обработке картофеля полея прометрином (в расчете на 1 га)

Показатель	Энергетические затраты	
	МДж/га	% к итогу
Прямые:		
трудовые — 1,054 чел.-ч	2,6	0,3
горючее — 3,122 кг	161,8	19,2
Овеществленные:		
производство прометрина — 4 кг	540,0	64,0
технические средства — 0,425 кг	29,5	3,5
Накладные энергозатраты	110,1	13,0
Всего	844,0	100,0

Таким образом, при совокупных энергетических затратах на применение прометрина 844 МДж/га и энергосодержание дополнительного урожая картофеля 2928 МДж/га коэффициент энергетической эффективности составил 3,5, а с учетом экономии энергозатрат на работах по уходу за посадками — 3,8.

З а к л ю ч е н и е

В основе разработки интегрированной системы мероприятий по уменьшению интенсивности конкурентного воздействия сорного компонента агрофитоценоза на культурные растения лежат 2 основные задачи: выбор метода регулирующего воздействия и разработка адекватных критериев, на основе которых принимается решение об уровне интенсивности такого воздействия.

В условиях рыночной экономики, при быстром и непредсказуемом

росте цен на сельскохозяйственную технику, энергоносители, гербициды не всегда удается дать адекватную оценку эффективности антропогенных регулирующих мероприятий. Для точной и достоверной оценки эффективности регулирующих мероприятий в посевах сельскохозяйственных культур предлагается использовать менее подверженные конъюнктуре рынка энергетические показатели, на основе которых разработан методический подход к определению эффективности таких мероприятий. Приведены примеры конкретных расчетов по данным многолетних опытов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Базаров Е.И.* Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве. М.: ВАСХНИЛ,

1985. — 2. Балаур Н.С., Тетю А.В. Применение энергетического анализа для оценки эффективности технологий возделывания полевых культур. Кишинев: Молд.НИИНТИ, 1983. — 3. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов. — Пушкино, НИИПиА, 1986. — 4. Жученко А.А., Афанасьев В.Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Кишинев: Штиинца, 1988, с. 45—53. — 5. Захаренко А.В. Оценка энергетической эффективности возделывания

сельскохозяйственных культур. М.: РАСХН, 1994. — 6. Пупонин А.И., Захаренко А.В., Дебердеев К.Ш. Влияние разных систем обработки почвы, гербицидов и удобрений на засоренность посевов и урожайность полевых культур. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 5, с. 77—85. — 7. Dekkers W.A., Lange J.M. — Neth.J. agric. Sci., 1984, vol. 22, p. 107—118. — 8. Sugiyama K., Shimozi Y. — J. Earth Sci., Nagoya Univ., 1972, vol. 20, p. 1—29. — 9. Fluck R.C. — Agric. systems, 1979, vol. 4, № 1, p. 29—37.

Статья поступила 10 марта 1995 г.

SUMMARY

Under conditions of market economy it is not always possible to adequately estimate the efficiency of anthropogenic regulating measures. It is suggested in the paper to use energetic indices that are less subjected to market situation; on the base of these indices a methodical approach to finding the efficiency of such measures has been developed. Examples of specific calculations on the basis of the data of long-term experiments are presented.