

* * *

В заключение отметим, что предлагаемые способы синтеза общих планов могут быть использованы на разных уровнях народнохозяйственного планирования: развития и размещения одной или группы отраслей, территориально-производственного комплекса и т. д. — в случае, если известен лимит капитальных вложений в целом по объекту планирования.

Вместе с тем синтез народнохозяйственного плана на основе локальных оптимальных решений согласуется с системным подходом к организации планирования и управления экономикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Y. B. Dantzig and Ph. Wolfe. Decomposition Principle for Linear Programs. *Opns. Res.*, 1960, v. 8, № 1.
2. Л. В. Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М., Изд-во АН СССР, 1960.
3. В. С. Немчинов. Статическая модель общественного разделения труда. Экономика и матем. методы, 1965, т. I, вып. 1.
4. В. Можин. Экономико-математические исследования — на службу народному хозяйству. Научн. докл. высшей школы (экономические науки), 1964, № 5.
5. А. Г. Аганбегян. К методологии оптимального планирования размещения производства в отдельных отраслях. В сб. Оптимальное планирование размещения и специализации производства в отдельных отраслях (экономико-матем. серия). Новосибирск, изд. СО АН СССР, 1962, вып. III.
6. М. Г. Завельский. Использование математических методов в анализе и планировании специализации метизного производства. В сб. [5].
7. Ю. Р. Лейбkind. Некоторые вопросы приближенных плановых расчетов на основе межотраслевого баланса. ЛЭММ (ротапринт). М., 1961.
8. С. Гасс. Линейное программирование. Пер. с англ. М., Физматгиз, 1960.
9. В. В. Новожиллов. Измерение затрат и их результатов в социалистическом хозяйстве. В сб. Применение матем. в эконом. исслед. Под ред. В. С. Немчинова. Т. I. М., Соцэкгиз, 1959.
10. L. Y. Mitten and Y. L. Nemhauser. Mult-Stage Optimization. *Chemical Engineering Progress*, 1963, v. 59, № 1.
11. У. Гомори, Дж. Бомоль. Целочисленное программирование и оценки. Пер. с англ. В сб. Численные методы оптимального планирования (экономико-матем. серия). Новосибирск, изд. СО АН СССР, 1962, вып. 1.
12. Р. Беллман. Динамическое программирование. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1959.

Поступила в редакцию
9 IV 1965

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В. А. ЕДЕМСКИЙ, В. Н. АЙДИН

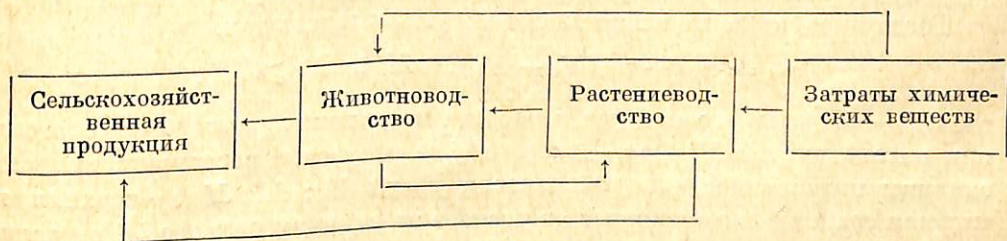
(Москва)

Интенсификация сельскохозяйственного производства включает широкое использование химических веществ (минеральных удобрений, гербицидов, консервантов и т. д.). Применение химических веществ в растениеводстве и животноводстве связано с необходимостью учета ряда биологических, зоотехнических и хозяйственных условий производства. Поэтому выбор эффективных направлений химизации должен основываться на комплексном учете всех условий производства.

При традиционных подходах к решению таких вопросов обычно сопоставляются лишь несколько вариантов, в числе которых могут быть технологические способы с применением химических веществ. При этом нет уверенности, что выбранный вариант — наилучший.

Решение задачи по определению эффективных направлений химизации сельскохозяйственного производства с охватом всего комплекса экономических, хозяйственных, биологических и зоотехнических условий производства в растениеводстве и животноводстве возможно только на основе методов оптимального программирования.

Рассматриваемая ниже экономико-математическая модель позволяет проследить связь затрат химических веществ с результатами производства сельскохозяйственной продукции согласно следующей схеме:



Химические вещества, которые применяются непосредственно в растениеводстве (кормовой преципитат, кормовые фосфаты и т. д.), обуславливают прямую химизацию, а химические вещества, применяемые при кормопроизводстве (минеральные удобрения, консерванты и т. д.) — сопряженную химизацию.

Мы будем употреблять термин «нехимизированный» в таком смысле: показатели, характеризующие кормовые средства, соответствуют отчетным и справочным материалам без использования химических веществ. В «химизированных» вариантах кормовых средств численные значения характеристик кормов изменяются под влиянием применения химических веществ на разных стадиях кормопроизводства.

Экономическая постановка задачи должна учитывать следующие технико-экономические показатели:

а) в животноводстве — величину поголовья, величину продуктивности в расчете на единицу поголовья, затраты кормовых средств, химических веществ и других ресурсов производства в расчете на единицу поголовья за рассматриваемый период, затраты питательных веществ на единицу продукции и т. д.;

б) в кормопроизводстве — структуру посевных площадей, урожайность кормовых культур, затраты ресурсов производства, затраты химических веществ и т. д. — при определенных условиях формирования рационов, структуры площадей, ограниченности ресурсов и т. д., при получении максимального экономического эффекта.

Экономическая постановка этой задачи такова: часть технико-экономических показателей считается заданной, а часть включается в виде переменных величин. Объединение этих переменных в модели таково, что задача носит нелинейный характер, но при помощи замены переменных на новые сводится к линейной, что позволяет использовать для ее решения стандартные программы решения задач линейного программирования.

Технико-экономические показатели связаны между собой в функциональные зависимости типа производственных функций.

В рассматриваемой задаче мы используем два типа производственных функций:

1. ПРОДУКТИВНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ ЗАДАЮТСЯ В ВИДЕ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ФУНКЦИЙ

Введем обозначения:

M_i — интенсивность использования единицы размера i -й отрасли (удой на голову за период, привес на голову, урожайность кормового средства с 1 га и т. д.); x_{ji} — затраты j -го ресурса в расчете на единицу размера i -й отрасли (азотных удобрений в центнерах, труда в человеко-днях, техники в машино-часах на один гектар; кормов в кормовых единицах, труда в человеко-днях на одну голову скота и т. д.).

Тогда продуктивные зависимости могут выглядеть так:

$$x_{ji} = x_{0ji} + \varphi_{ji}(M_i - M_i^0), \quad M_i^1 \geq M_i \geq M_i^0,$$

где x_{0ji}^0 — затраты j -го ресурса в расчете на единицу размера i -й отрасли при интенсивности M_i^0 ; φ_{ji} — затраты j -го ресурса в расчете на прирост единицы интенсивности по i -й отрасли сверх M_i^0 ; M_i^1 , M_{i0} — верхняя и нижняя границы интенсивности в расчете на единицу размера i -й отрасли.

Числовой пример для растениеводства

Затраты труда на 1 га озимых на зерно (x_1) связаны с уровнем урожайности M_1 как

$$x_1 = 3,4 + 0,134(M_1 - 7,8),$$

где 3,4 человеко-дней/га — затраты труда на 1 га при урожайности 7,8 ц/га, 0,134 человеко-дней/ц — приращение затрат труда при увеличении урожайности на 1 ц/га свыше 7,8 ц/га. При обработке фактических данных по Московской области такая зависимость реальна в пределах $18 \geq M_1 \geq 7,8$.

Затраты труда на 1 га яровой пшеницы на зерно (x_2) связаны с уровнем урожайности M_2 как

$$x_2 = 2,86 + 0,211 (M_2 - 10),$$

где 2,86 человеко-дней/га — затраты труда на 1 га при урожайности 10 ц/га; 0,211 человеко-дней/ц — приращение затрат при увеличении урожайности на 1 ц/га свыше 10 ц/га.

При обработке фактических данных такая зависимость реальна в пределах $16 \geq M_2 \geq 10$.

Числовой пример для животноводства

Затраты кормовых единиц ($x_3 - кг$) и перевариваемого протеина на фуражную корову ($x_4 - г$) в расчете на сутки связаны с уровнем продуктивности животных ($M - кг$) как

$$x_3 = 4,52 + 0,47 M,$$

$$x_4 = 326 + 61 M.$$

Коэффициент корреляции при обработке данных по работе [3] достигает 0,95—0,99.

II. ПРОДУКТИВНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗАДАЮТСЯ В ТАБЛИЧНОЙ ФОРМЕ

Это значит, что в расчете на единицу размера отрасли мы имеем различные технологические способы при фиксированных затратах ресурсов и норм съема продукции.

Числовой пример для растениеводства

Производство картофеля с 1 га может характеризоваться следующими показателями:

		I вариант	II вариант
Урожайность	ц/га	106	166
Затраты удобрений:			
азотных	»		2
фосфорных	»		2
калийных	»		2
и т. д.			
Денежные затраты	руб/га	412	580

Числовой пример для животноводства

Производство молока от одной коровы может характеризоваться следующими показателями ($кг$):

	I вариант	II вариант	III вариант
Годовой удой молока на корову	2000	2000	3000
Затраты кормовых единиц	2600	2800	2950
Затраты переваримого протеина	302	281	344
и т. д.			

При постановке задачи, приведенной ниже, все индексы носят самостоятельный характер.

Постановка задачи по выяснению эффективных направлений химизации

Введем необходимые обозначения:

$j = \overline{1, J}$ — число видов кормовых средств, в том числе $j = \overline{1, J_1}$ — кормовые культуры хозяйства; $i = \overline{1, J}$ — число соотношений, задающих связь между количеством i -х питательных веществ и величиной продуктивности; $l = \overline{1, L}$ — число условий взаимозаменяемости отдельных питательных веществ; $r = \overline{1, R}$ — количество соотношений, отражающих взаимосвязь между отдельными видами и группами кормовых средств; $e = \overline{1, E}$ — число условий по ограниченности сельскохозяйственных угодий; $m = \overline{1, \mu}$ — число условий по факторам прямой и сопряженной химизации; $n = \overline{1, N}$ — число условий по факторам сопряженной химизации; $\tau = \overline{1, t}$ — периоды применения факторов химизации.

Основные переменные

M — величина продуктивности в расчете на голову животных в сутки; x_j — количество j -го вида кормового средства в расчете на голову животных в сутки; P — число голов скота; φ_i — затраты i -го питательного вещества в расчете на единицу продукции; y_j — величина урожайности по j -й кормовой культуре ($j = \overline{1, J_1}$), k_0^1 — эксплуатационные расходы, отнесенные на животноводство; k_0^2 — прямые затраты, отнесенные на кормопроизводство.

Определяются величины M , φ_i , x_j , P , y_j , k_0^1 , k , исходя из условий (причем y_j определяется только для тех j , при которых $x_j > 0$):

$$1. \text{ Величина чистого дохода } -F = TcMP - \sum_{j=J_1+1}^J TS_j x_j P - k_0^1 - k_0^2$$

— достигает максимума, где T — продолжительность рассматриваемого периода в животноводстве; c — цена реализации единицы продукции; S_j — денежная оценка единицы покушных кормовых средств ($j = \overline{J_1+1, J}$).

$$2. \sum_j a_{ij} x_j P = \sigma_i \varphi_i M P + b_i P \text{ — соотношения между затратами пита-}$$

тельных веществ и уровнем продуктивности животных, где σ_i — отражает уменьшение ($\sigma_i = -1$) или увеличение ($\sigma_i = 1$) затрат i -го питательного вещества в зависимости от уровня удоя; a_{ij} — содержание i -го питательного вещества в единице j -го кормового средства; b_i — минимально допустимое потребление i -го питательного вещества в расчете на одну голову в сутки.

3. $\sum_i b_{li} \varphi_i M P \geq A_l M P$ — соотношения по взаимозаменяемости отдельных питательных веществ, не изменяющие уровень продуктивности животных, где b_{li} , A_l — коэффициенты взаимозаменяемости питательных веществ.

4. $\sum_j f_{rj} x_j P \geq c_r P + \psi_r M P$ — соотношения, отражающие связь между группами кормовых средств в рационе как по весу, так и по питатель-

Таблица 1

да по расчету эф

Основные

ства не вещества в расчете на одну голову в сутки

№ ограничитель		X_{14} силос, кг	X_{15} силос хим. кг	X_{20} аммиачная вода, кг	X_{21} фосфорная мука, кг	X_{22} калийная соль, кг	X_{23} доломито- вая мука, кг	Вид огра- ничений	Свободные члены
1	На	0,2	0,3					=	4,52
2	На	14	30					=	326
3	На							=	25,5
4	На	1,5	1,5					=	25,5
5	На	0,5	0,5					=	12
6	На	15	15					∞	150
7	На							=	20
8	На							=	200
9	На							=	200
10	На							=	7
11	На	-3,5	8,5					∞	0
12	На							∞	10
13	На							∞	5
14	На	0,07	0,0					∞	6,8
15	гр	0,2	0,2					∞	17
	На	-1	-1						0
16								∞	25
17	На	0,3	0,3					∞	0
18	На							∞	8
19	На							∞	5
20	На							∞	50
21	На	1	1					∞	0,1
22	На								
	Р							=	0
23			0,005					=	0
24			0,002					=	0
25								=	0
26				-1				=	0
27					-1			=	0
28						-1		=	0
29	Ф	-1,33	-1,42				-1	=	0

№ ограничения	Основные ограничения	Ед. изм.					
			X ₁ фосфориты, кг	X ₂ трикальцийфосфат, кг	X ₃ кормовой преципитат, кг	X ₄ мочевина, кг	X ₅ хлористый натрий, кг
1	На кормовые единицы	кг					
2	На переваримый протеин	%				2600	
3	На хлористый натрий	»					
4	На кальций	»	265,6	320	260		
5	На фосфор	»	105,2	140	170		
6	На каротин	мг					
7	На хлористый кобальт	»					
8	На хлористую медь	»					
9	На сернистый марганец	»					
10	На йод калия	»					
11	На мочевины	%				1950	
12	На грубые корма	кг					
13	На соотношение соломы и сена	»					
14	На соотношение	»					
15	грубых и сочных кормов } первое	»					

X_5 кобальт, мг	X_6 хлористая медь, мг	X_7 сернистый марганец, мг	X_8 йод калия, мг	X_9 сено луговое, кг	X_{10} сено луговое хим. кг	X_{11} сено многолетних трав, кг	X_{12} сено многолетних трав хим. кг	X_{13} солома, кг
1	1	1	1	0,4 46	0,4 69	0,52 79	0,52 79	0,2 8
				5,3 2,0 7	7,42 3,3 21	9,3 2,2 25	9,3 2,2 25	1,4 0,8 3
				-11,5 1 0,25 1 1	-17,2 1 0,25 1 1	-19,7 1 0,25 1 1	-19,7 1 0,25 1 1	-2 1 1,25 1 1
				0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
				1	1	1	1	1
				0,0353				
				-3,25	-2,21	-2,24	0,655 -1,97	-0,69

да по расчету эффективных направлений химизации

Основные переменные

ства

X_{14} силос, кг	X_{15} силос хим. кг	X_{16} картофель, кг	X_{17} картофель хим. кг	X_{18} картофель хим. кг	X_{19} морковь, кг	X_{20} кормовая свекла, кг	X_{21} турнепс, кг	X_{22} комби- корм, кг
0,2 14	0,3 30	0,31 12	0,31 12	0,31 12	0,14 7	0,12 9	0,07 7	1,1 144
1,5 0,5 15	1,5 0,5 15	0,1 0,6	0,1 0,6	0,1 0,6	0,6 0,5 30	0,4 0,4	0,3 0,4	1,4 3,8 1
-3,5	8,5	-3	-3	-3	-1,8	-2,3	-1,8	-26
0,07 0,2 -1	0,07 0,2 -1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,85 -1 1
0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	
1	1	1 1	1 1	1 1	1	1	1	
	0,005 0,002			0,0098				
			0,0208 0,0167 0,0167	0,0167 0,0167				
-1,33	-1,421	-4,65	-3,19	-3,24	-2,69	-2,69	-2,69	-7,95

X ₂₃ комбикорм хим. кг	X ₂₄ овес, кг	X ₂₅ поварен- ная соль, кг	Продук- тивность	X ₂₇ мочевина, кг	X ₂₈ сульфат аммония, кг
			X ₂₆ удой, кг		
1,1 209	1,0 80	1000	—0,47 —61 —3,62 —3,62 —3,25 —25		
1,4 3,8 1	1,6 3,0 1				
13,3	—20				
0,85 —1 1	0,85 —1 1		0,25		
0,025				—1	—1
—8,29	—7,5	—0,95	15		

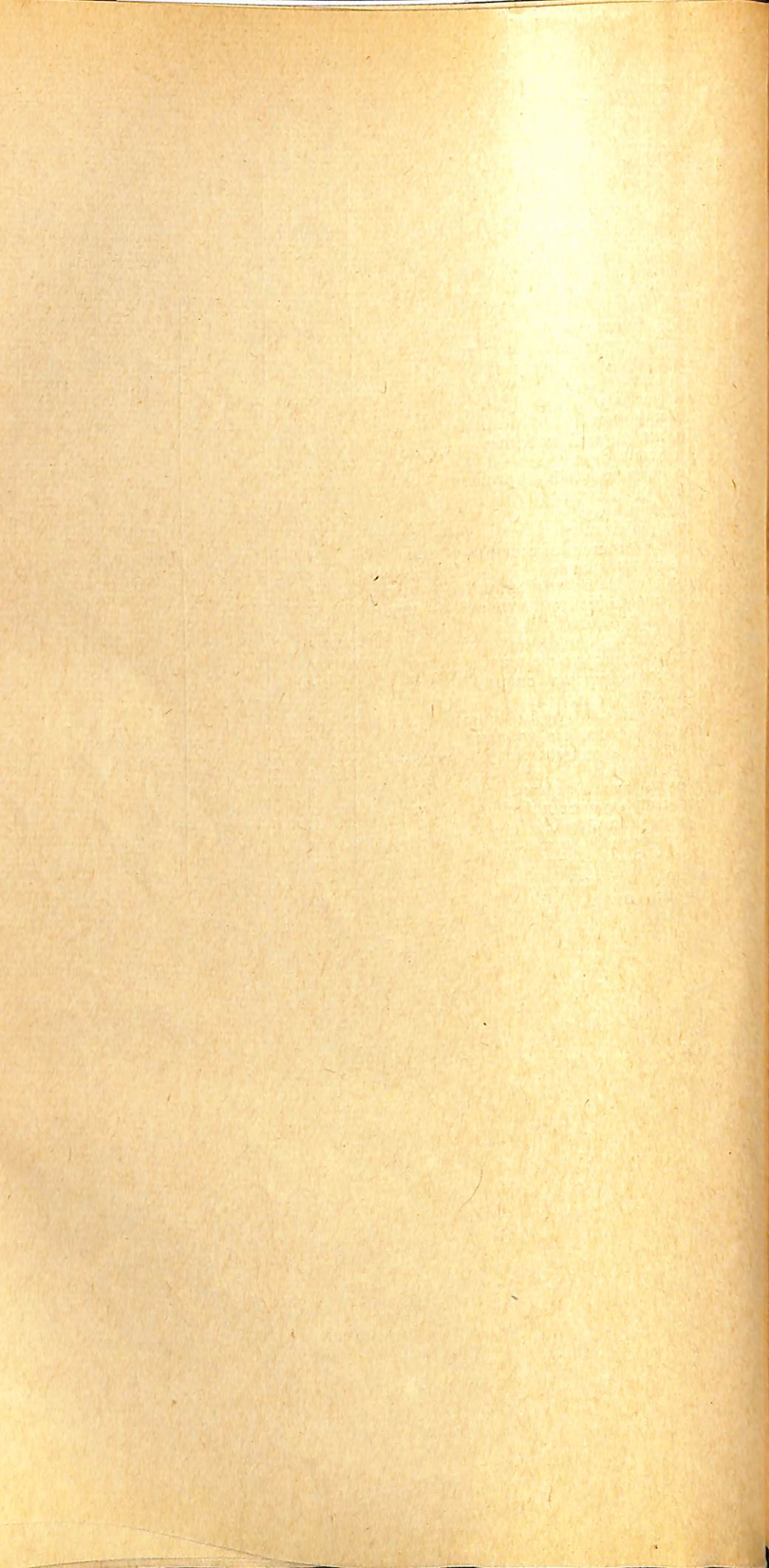
счета эффективных направлений химизации

Основные переменные

X_{15} силос хим. кг	X_{16} картофель, кг	X_{17} картофель хим. кг	X_{18} картофель хим. кг	X_{19} морковь, кг	X_{20} кормовая свекла, кг	X_{21} турнепс, кг	X_{22} комби- корм, кг	X_{23} комбикорм хим. кг	X_{24} овес, кг	X_{25} поварен- ная соль, кг
0,3 30	0,31 12	0,31 12	0,31 12	0,14 7	0,12 9	0,07 7	1,1 144	1,1 209	1,0 80	1000
1,5 0,5 15	0,1 0,6	0,1 0,6	0,1 0,6	0,6 0,5 30	0,4 0,4	0,3 0,4	1,4 3,8 1	1,4 3,8 1	1,6 3,0 1	
8,5	-3	-3	-3	-1,8	-2,3	-1,8	-26	13,3	-20	
0,07 0,2 -1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1	0,07 0,2 1				
0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,85 -1 1	0,85 -1 1	0,85 -1 1	
1	1	1	1	1	1	1				
0,005 0,002			0,0098					0,025		
		0,0208 0,0167 0,0167	0,0167 0,0167							
-1,421	-4,65	-3,19	-3,24	-2,69	-2,69	-2,69	-7,95	-8,29	-7,5	-0,95

Таблица 1

[illegible]



ности, где f_{rj} , c_r , ψ_r — коэффициенты взаимосвязи между кормовыми средствами.

$$5. \sum_{j=1}^{J_1} b_{ej} \frac{TPx_j}{\varepsilon \cdot n} \leq S_e - \text{соотношения по ограниченности площади сель-}$$

скохозяйственных угодий, где ε_j — коэффициент сохранности урожая j -й культуры; S_e — площади сельскохозяйственных угодий; b_{ej} — коэффициенты, исключаяющие ($b_{ej} = 0$) или включающие ($b_{ej} = 1$) данную кормовую культуру в ряд конкурирующих культур по e -й группе земель.

$$6. \sum_j Tb_{mj}x_jP \leq S_m^0 - \text{соотношения, определяющие взаимосвязь фак-}$$

торов прямой и сопряженной химизации, где b_{mj} , S_m^0 — коэффициенты взаимосвязи факторов прямой и сопряженной химизации.

$$7. \sum_{\tau} \sum_{j=1} \frac{T\varphi_{nj\tau}Px_j}{y_j} \leq S_n^1 - \text{соотношения, определяющие взаимосвязь}$$

факторов сопряженной химизации, где $\varphi_{nj\tau}$ — затраты n -го фактора ($n = 1, N_1, N_1 \leq N$) в расчете на $га$ в τ -м периоде на уровень урожайности y_j ;

$$\varphi_{nj\tau} = \varphi_{nj\tau}^0 + \Delta_{nj\tau}(y_j - y_j^0),$$

где $\varphi_{nj\tau}^0$ — затраты n -го фактора ($n = 1, N_1$) в τ -м периоде в расчете на уровень урожайности y_j^0 по j -й культуре ($j = 1, J_1$); $\Delta_{nj\tau}$ — затраты j -го фактора ($n = 1, N_1$) в τ -м периоде в расчете на прирост урожайности на единицу, S_n^1 — коэффициенты взаимосвязи факторов сопряженной химизации.

8. $k_0^1 = \beta P + \gamma PM$ — соотношение по эксплуатационным расходам, отнесенным на животноводство, с учетом числа голов и уровня продуктивности, где β — денежные затраты на содержание 1 головы скота; γ — дополнительные денежные затраты в расчете на единицу продукции.

$$9. k_0^2 = \sum_{j=1}^{J_1} \frac{TPx_j}{y_j} [a_j + b_j(y_j - y_j^0)] - \text{соотношение по прямым затратам,}$$

отнесенным на кормопроизводство, с учетом площади кормовых угодий и уровня урожайности, где a_j — денежные затраты в расчете на 1 $га$ при заданном уровне урожайности y_j^0 под j -ю культуру ($j = 1, J_1$); b_j — денежные затраты на единицу прибавки урожая сверх y_j^0 под j -ю культуру ($j = 1, J_1$).

$$10. \text{Соотношения по ограничениям переменных снизу и сверху:}$$

$$P \geq B > 0, AP \geq MP \geq B^1P > 0, x_j \geq 0, \varphi_j \geq 0, \frac{Px_j}{y_j^0} \geq \frac{Px_j}{y_j} \geq \frac{Px_j}{y_j^1}$$

$$y_j^0 > 0, k_0^1 \geq 0, k_0^2 \geq 0.$$

Замена переменных позволяет свести задачу к линейной: $k_0^1 = k_0^1$, $k_0^2 = k_0^2$, $P = P$, $MP = U$, $Px_j = K_j$, $\varphi_i MP = Z_i$, $\frac{Px_j}{y_j} = c_j (j = 1, J_1)$.

После решения видоизмененной задачи определяем оптимальные значения P^* , k_0^{1*} , k_0^{2*} , U^* , K_j^* , Z_i^* , c_j^* ($j = 1, J_1$), что позволяет определить

оптимальные значения исходных переменных:

$$P^* = P^*, k_0^{1*} = k_0^{1*}, x_j^* = \frac{K_j^*}{P^*}, M^* = \frac{U^*}{P^*}, \varphi_i^* = \frac{Z_i^*}{U^*}, k_0^{2*} = k_0^{2*};$$

$$y_j^* = \frac{K_j^*}{c_j^*} \quad (\text{для тех } j, \text{ при которых } K_j^* > 0, c_j^* > 0).$$

Ниже рассмотрен один из вариантов этой модели, приведена числовая конкретизация (табл. 1) и решение вариантов задачи (табл. 2). На основе результатов решения проводится анализ эффективности химизации.

Числовая конкретизация задачи

Вся исходная информация записана в виде матрицы (табл. 1) размером 29×33 , где в 22 строчках отражены ограничения по питательным веществам, соотношения по возможному потреблению кормовых средств. Остальные строчки отражают факторы химизации. 33 столбца содержат информацию, относящуюся к переменным.

Описание переменных, входящих в задачу

Переменные 1—25 (столбцы) характеризуют варианты кормовых средств в рационе, 26 — продуктивность, 27—33 — потребность в химических веществах в расчете на одну голову в сутки.

Описание ограничений задачи

Строка 1 — количество, кормовых единиц в рационе должно быть равно величине, зависящей от суточной продуктивности. Аналогичное соотношение по переваримому протеину (строка 2).

Строки 3, 4, 5, 6 задают ограничения на количество хлористого натрия, кальция, фосфора и каротина в зависимости от продуктивности.

Строки 7, 8, 9, 10 — ограничения на потребление микроэлементов.

Строка 11 — ограничение на мочевины (не более 25% от количества переваримого протеина в рационе).

Строка 12 задает ограничение на количество грубых кормов в рационе по весу (сверху).

Строка 13 указывает на то, что с ростом количества грубых кормов в рационе относительное количество соломы уменьшается.

Строки 14, 15 соответствуют ограничениям на соотношения грубых и сочных кормов по весу. Минимальное количество грубых кормов в рационе соответственно равно 6; 5; 4 кг при количестве сочных 10; 25; 40 кг. Обработка этих данных дает соотношение: количество грубых кормов в рационе больше или равно 6,8 минус 0,07 от количества сочных кормов (строка 14). Максимальное количество грубых кормов в рационе соответственно равно 15; 12 и 9 кг при количестве сочных 10; 25 и 40 кг. Обработка этих данных дает соотношение: количество грубых кормов в рационе меньше или равно 17 минус 0,2 от количества сочных (строка 15). Эти два условия обеспечивают область допустимых соотношений между грубыми и сочными кормами.

Строка 16 дает соотношения между силосом и корнеклубнеплодами. Строка 17 задает ограничение на сухое вещество в рационе.

Строка 18 показывает, что количество концентратов задается в зависимости от продуктивности.

Строка 19 задает ограничение на количество концентратов в рационе, а строка 20 — на количество картофеля в рационе.

Строка 21 задает ограничение на количество грубых и сочных кормов в рационе.

Строка 22 задает ограничение на количество минеральных кормовых средств.

Числовые значения целевой функции берутся на основании данных по себестоимости кормовых средств с учетом затрат на применение химических веществ.

Таблица 3

Коэффициенты последней симплексной таблицы

Базисные переменные	Значения базисных переменных	x_2 трикальций фосфат, кг	x_3 кормовой преципитат, кг
x_{17} , кг	5,0	—	67,02
x_{39} , г	34,3	13,2	60,0
x_1 , кг	0,027	1,2	0,98
x_{56} , кг	0,073	-0,2	0,021
c_j		-5,5	-4,4
z_j		-4,06	-3,23

средств берется денежная оценка из расчета франко-ферма.

Эксплуатационные затраты в животноводстве были взяты постоянными, а прямые в кормопроизводстве вошли в денежную оценку кормовых средств.

Строки 23—29 задают ограничения на факторы прямой и сопряженной химизации. Они формируют столбцы 27—33 — величины факторов прямой и сопряженной химизации.

Таким образом, система ограничений и целевая функция дают возможность подойти к вы-

бору наиболее эффективных кормовых культур, уровня продуктивности и определить потребности в факторах химизации при соблюдении ряда условий в кормопроизводстве и животноводстве.

* * *

Решение задачи проведено на БЭСМ-2М по стандартной программе У. Х. Малкова. Результаты решения приведены в табл. 2 (так как применение микроэлементов и поваренной соли является обязательным в «химизированном» и «нехимизированном» вариантах, они не приводятся в таблице).

Некоторые виды кормовых средств не вошли в оптимальное решение и, следовательно, в рамках поставленных условий являются неэффективными.

Результаты решения задачи позволяют подойти к оценке эффективности химизации с нескольких точек зрения.

1) Сопоставляя «химизированные» и «нехимизированные» рационы при одинаковой продуктивности по оценке чистого дохода и себестоимости продукции.

Из табл. 2 видно, что с ростом продуктивности различие в себестоимости молока в «химизированных» вариантах имеет тенденцию уменьшаться с ростом удоя с 25,7% при удое 12 кг до 3,7% при удое 28 кг, но ее оценка всегда ниже, чем в «нехимизированных» вариантах.

Следовательно, такое сопоставление дает возможность определить, при каком уровне продуктивности эффективней использовать химические вещества.

2) Анализ последней симплексной таблицы (табл. 3) позволяет выяснить, какие потери на чистом доходе мы несем, если введем в рацион, либо при кормопроизводстве, единицу того или иного химического вещества.

а) Так, для удоя 22 кг применение 1 кг трикальцийфосфата ведет к потере на чистом доходе на 1,44 коп., а кормового преципитата на — 1,17 коп. Это позволяет с точки зрения оптимального решения считать,

что порядок предпочтительности применения минеральных добавок такой: фосфорит (он входит в оптимальное решение), кормовой преципитат, а затем трикальцийфосфат.

Введение в рацион этих кормов происходит при помощи коэффициентов последней симплексной таблицы так, что все принятые условия задачи выполняются за счет вытеснения или добавления других кормовых средств. При этом выясняется, что такие оценки потерь сохраняются в расчете на одну голову скота при введении трикальцийфосфата до 22 г, а кормового преципитата — до 28 г.

б) Для тех химических веществ, которые применяются на разных стадиях кормопроизводства и приготовления рационов возможно выяснение наиболее эффективного направления с точки зрения условий, поставленных в задаче. Лучше всего это проследить на мочеvine, которую можно применять по-разному: прямо в рационе с комбикормами, при консервации силоса.

Для варианта с суточным удоем 10 кг на одну голову применение 1 кг мочевины с комбикормом ведет к потере на чистом доходе 3,28 коп., а при консервации силоса — 2,81 коп.

Следовательно, такое сопоставление позволяет выявить порядок предпочтения в применении мочевины. Так, при консервации силоса мы теряем на 0,47 коп. меньше на чистом доходе, чем при смешивании с концентратами в расчете на 1 кг мочевины при соблюдении принятых ограничений задачи.

3) Решение задачи позволяет дать комплексную оценку эффективности применения химических средств в кормопроизводстве и животноводстве, определить количество химических веществ в расчете на голову животного или на стадо (табл. 2) и оценить затраты на их приобретение в хозяйстве.

Для оптимального «химизированного» рациона по сравнению с «нехимизированным» при оптимальном удое 32 кг на голову, мы имеем увеличение чистого дохода в размере 21 руб. в расчете на 100 голов в сутки, а затраты на приобретение химических веществ в сутки составляют 21 руб. Следовательно, один рубль затрат на химические вещества дает 1,0 руб. дополнительного чистого дохода.

Для оптимального «химизированного» рациона при удое на голову 10 кг молока мы имеем по сравнению с «нехимизированным» рационом при такой же продуктивности увеличение чистого дохода на 16 руб. в расчете на 100 голов скота в сутки, а затраты на приобретение химических веществ в сутки равны 14,0 руб. Следовательно, один рубль затрат на химические вещества дает 1,14 руб. дополнительного чистого дохода.

Таким образом, приведенная модель позволяет с учетом комплексных условий сельскохозяйственного производства выбрать наиболее эффективные химические вещества для животноводства и кормопроизводства (в расчете на хозяйство, зону и т. д. по видам животных с учетом периодов года).

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение математики в экономических исследованиях. Под ред. В. С. Немчинова. Т. 2. М., Соцэкгиз, 1961.
2. И. Г. Попов. Линейное программирование в экономических расчетах по сельскому хозяйству. М., изд. МИНХ им. Г. В. Плеханова, 1961.
3. Нормы кормления и рационы для сельскохозяйственных животных. Под ред. М. Ф. Томмэ. М.-Л., ГИСХЛ, 1958.
4. В. А. Едемский, А. А. Гусев, Н. К. Кочеткова. Определение оптимальной продуктивности и оптимальной химизации кормовых рационов продуктивного скота. Научн. конф. по вопр. применения матем. методов и современной вычислительной техники в сельском хозяйстве. Одесса, изд. ОСХИ, 1963.

Поступила в редакцию
24 III 1965