

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УКРАИНЕ С УЧЕТОМ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Рассматриваются подходы к оптимизации структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур в Украине. Описывается симплекс-методы как метод линейного программирования при решении данной задачи. Приводится алгоритм оптимизации посевных площадей под основными сельскохозяйственными культурами в Украине. Представлены результаты оптимизации посевных площадей под основными сельскохозяйственными культурами, выполненных с применением симплекс-метода на основе детального учета агроклиматических условий формирования их урожайности.

Ключевые слова: оптимизация, структура посевных площадей, симплекс-метод, линейное программирование, агроклиматические ресурсы, продуктивность агроэкосистем.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями. Оптимизация структуры посевных площадей под сельскохозяйственными культурами является одной из составляющих рационального природопользования. Решение такой задачи направлено на увеличение валового сбора при одновременном уменьшении пахотных площадей. Необходимой предпосылкой такой оптимизации является перераспределение площадей под различными сельскохозяйственными культурами по территории, которое базируется на выборе отдельных районов или регионов с лучшими условиями. Одним из подходов для такого типа задач есть детальный учет агроклиматических ресурсов как составляющей для формирования продуктивности агроценозов.

Анализ исследований и публикаций. Первые работы в данном направлении были выполнены в 80-х годах прошлого столетия во ВНИИСХМ В.А. Жуковым, О.А. Борисовой, С.Даниеловым [1 - 3] и в дальнейшем продолжены А.Н. Полевым и А.Н. Витченко для оптимизации структуры посевных площадей в Восточной Сибири и Белоруссии [4]. Методологически задача решалась как поиск оптимальных решений с применением симплекс-метода в рамках линейного программирования.

Следует отметить, что задачи линейного программирования имеют широкое распространение при принятии оптимальных решений в экономике. В последние десятилетия эта методологическая база используется при оптимизации размещения сельскохозяйственного производства. Основными параметрами моделей принимаются различные показатели состояния данного производства.

Целью данной работы является исследования подходов к оптимизации структуры посевных площадей под основными сельскохозяйственными культурами в Украине с применением симплекс-метода на основе детальной агроклиматической оценке их продуктивности.

Изложение материалов исследований. Согласно разработанной Государственной целевой программы развития украинского села на период до 2015 года и концепции Государственной целевой программы «Зерно Украины 2009-2015» [5] поставлена задача к 2010 году площади под зерновыми культурами довести до 12,5 млн. га. Из них посевы под пшеницу составят 6,5 млн. га, под ячменем - 3,5, под кукурузой - 2,5 и т.д., а валовый сбор урожая довести соответственно до 35,5 млн. т у пшеницы, 15,7 - у ячменя, 17,5 - у кукурузы, 4,5 - у подсолнечника, 23,5 - у сахарной свеклы и 18,0 млн.т - у картофеля. Достижение поставленной цели может быть решено на основе всесторонней оценки сложившейся структуры посевных площадей под сельскохозяйственными культурами в целом по Украине и по отдельным регионам [6].

Использование традиционного в агроклиматологии подхода, задача которого решалась путем выполнения общего или специального агроклиматического районирования, на современном этапе уже не могут удовлетворять требования сельскохозяйственной отрасли. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на обоснование структуры посевных площадей с точки зрения целесообразности размещения сельскохозяйственных культур и, в первую очередь, их эффективности.

В этом направлении постановка задачи агроклиматического обоснования оптимизации размещения сельскохозяйственных культур формулируется и решается относительно размещения комплекса культур на основе детальной агроклиматической оценки возможной продуктивности сельскохозяйственных культур. Конечным результатом решения этой задачи является усовершенствование существующей структуры посевных площадей для достижения определенной цели. Целью может быть как достижение максимума валового сбора в многолетнем разрезе или стабильных урожаев в неблагоприятные по погодным условиям годы, так и обоснование максимального числа культур при определенной средней многолетней урожайности культур, которые выращиваются. При этом обязательным условием должно быть сохранение общей посевной площади, которая отвечает интенсивному способу развития сельского хозяйства. В такой постановке задача размещения сельскохозяйственных культур сводится к определению экономически целесообразной структуры посевных площадей под культурами на основании анализа существующего размещения культур и детальной оценки агроклиматических ресурсов. Необходимость анализа существующего размещения культур исходит из того, что издавна для каждой природной зоны выделены свои “прибыльные” культуры. Это такие культуры, которые в данных природных условиях на современном уровне селекции и технологии выращивания отличаются относительно высоким и стабильным урожаем. При этом, требования исключения монокультуры обуславливает необходимость выбора ряда культур, которые отвечают поставленным условиям.

Для решения подобных задач широкое применение приобрели методы линейного программирования [7-8], особенно один модификационный вариант - симплекс-метод, с помощью которого находят решение любых задач линейного программирования. В задачах линейного программирования математическое выражение условий решения задачи может быть представлено системой неравенств типа:

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_{ig} \cdot X_i \leq b_i \quad (i=1, 2, \dots, m); \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_{ig} \cdot X_i \geq b_i \quad (i=1, 2, \dots, m); \quad (2)$$

В некоторых случаях используют уравнение типа

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_{ig} \cdot X_i = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (3)$$

Математическую модель задачи поиска оптимального решения можно представить в таком виде:

$$F(X_j) \rightarrow \max(\min, const); \quad (4)$$

$$g_j(X_j) \leq (=, \geq) b_i; \quad (5)$$

$$d_j \leq X_j \leq D_j, \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n,$$

где (4) представляет собой целевую функцию (ЦФ), (5) - ограничения (ОГР) и (6) - граничные условия (ГРУ). Целевая функция как критерий оптимизации, показывает, в каком смысле решение должно быть оптимальным, т.е. наилучшим. При этом возможны три вида целевой функции: максимизация, минимизация или заданное значение. Ограничения устанавливают зависимости между переменными. Они могут быть как односторонними так и двусторонними. Граничные же условия показывают, в каких пределах могут быть значения искомых переменных в оптимальном решении.

Поставленная нами задача оптимизации структуры посевных площадей под сельскохозяйственными культурами в Украине базируется на двух отправных моментах. К первому относится выбор основных сельскохозяйственных культур: озимая пшеница, яровой ячмень, кукуруза, подсолнечник, картофель и сахарная свекла. Второй вопрос касается выбора целевой функции и параметров, ее определяющих. Нами как целевая функция выбрана максимизация валового сбора культур, определяющими параметрами которого являются посевные площади и урожайность культур. Учитывая некоторые субъективные недостатки статистических данных по урожайности, предлагается использовать расчетные величины, которые определяются по реальным почвенно-климатическим условиям, т.е. климатически или агроклиматически обусловленные урожаи (КВУ).

На основе выполненного комплексного агроклиматического районирования Украины [9] и оценки выделенных макрорайонов и подрайонов с точки зрения формирования урожайности культур » [10] нами проведены исследования по оптимизации размещения шести основных сельскохозяйственных культур: озимой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы и картофеля. Достоинством работы является комплексный подход и единая методика анализа существующей структуры площадей, агроклиматической оценки продуктивности и расчеты, направленные на оптимизацию структуры посевных площадей. Всего выделено 7 агроклиматических макрорайонов, которые отличаются по величине радиационно-тепловых ресурсов (сумме поступающей суммарной и фотосинтетически активной радиации и сумм активных температур воздуха за период с температурами выше 5 и 10°C. В каждом из 1-5-го макрорайонов по показателям увлажнения выделены подрайоны: в 1-м – четыре, во 2-м – пять, в 3-м – четыре, 4-м – три, в 5-м – два, всего 18 подрайонов. Таким образом, в Украине выделено 20 агроклиматических территориальных единиц, которые отличаются сочетанием величин радиационно-тепловых и влажностных ресурсов. В связи с отличием начала и конца вегетационного периода от дат перехода температур воздуха через 5 и 10°C нами были определены суммы суммарной и фотосинтетически активной радиации, суммы температур, количество осадков, величина ГТК Селянинова, соотношение величин влагопотребления и влагопотребности, а также отношение фактических средних запасов влаги к наименьшей влагоемкости почвы для конкретных шести культур по каждому из агроклиматических подразделений. В табл.1 представлены такие обобщенные данные для двух групп культур: с коротким и длинным вегетационным периодом.

К расчетным урожаям можно отнести потенциальные и действительно возможные урожаи по Х.Г.Тоомингу или потенциальные (ПУ), климатически возможные (КВУ) и действительно возможные (ДВУ) по А.Н. Полевому ДВУ по Х.Г.Тоомингу соответствуют КВУ по А.Н. Полевому ДВУ, по А.Н.Полевому, учитывают уровень культуры земледелия территории [11]. Эти урожаи, по сути, представляют собой уровни, учитывающие интегральные агроклиматические ресурсы, в основном, ресурсы света и влаги. Это урожаи потенциальные (ПУ), действительно возможные (ДВУ) и производственные (УП). Формулы расчетов первых двух уровней имеют вид:

Таблица 1- Оценка радиационно-тепловых и влажностных ресурсов Украины за вегетационных период сельскохозяйственных культур

Макро район	$\Sigma T_c \geq 10^\circ C$	ГТК', отн.ед.	ГТК'', отн.ед.	$\Sigma Q'$, мДж/м ²	$\Sigma Q''$, мДж/м ²	$(E/E_0)'$, отн.ед.	$(E/E_0)''$, отн.ед.	$(W/W_{нв})'$, отн.ед.	$(W/W_{нв})''$, отн.ед.
I ₁	<2600	>1.7	>1.0	<1600	<1350	1,0	1,0	0,60-0,75	0,60-0,70
I ₂	<2600	1.5-1.7	0.9-1.0	<1600	<1350	0,94-1,0	0,86-0,91	0,68-0,98	0,364-0,87
I ₃	<2600	1.3-1.5	0.8-0.9	<1600	<1350	0,78-0,81	0,69-0,71	0,58-0,81	0,54-0,76
I ₄	<2600	1.1-1.3	0.6-0.8	<1600	<1350	0,65-0,66	0,54-0,56	0,52-0,75	0,48-0,70
II ₁	2600-2800	>1.7	>1.0	1600-1650	1350-1400	1,0	1,0	0,69-0,84	0,65-0,80
II ₂	2600-2800	1.5-1.7	0.9-1.0	1600-1650	1350-1400	1,0	0,86-0,91	0,63-0,84	0,60-0,80
II ₃	2600-2800	1.3-1.5	0.8-0.9	1600-1650	1350-1400	0,78-0,81	0,69-0,71	0,60-0,85	0,56-0,80
II ₄	2600-2800	1.1-1.3	0.6-0.8	1600-1650	1350-1400	0,65-0,66	0,54-0,56	0,62-0,94	0,58-0,88
II ₅	2600-2800	0.9-1.1	0.5-0.6	1600-1650	1350-1400	0,54-0,65	0,43-0,45	0,55-0,94	0,48-0,88
III ₁	2800-3000	1.3-1.5	0.8-0.9	1650-1700	1400-1500	0,78-0,81	0,69-0,71	0,71-0,97	0,67-0,92
III ₂	2800-3000	1.1-1.3	0.5-0.6	1650-1700	1400-1500	0,65-0,66	0,54-0,56	0,74-1,0	0,67-1,0
III ₃	2800-3000	0.9-1.1	0.4-0.5	1650-1700	1400-1500	0,54-0,65	0,43-0,45	0,65-1,0	0,60-0,93
III ₄	2800-3000	0.7-0.9	0.4-0.5	1650-1700	1400-1500	0,44-0,45	0,35-0,36	0,58-1,0	0,50-0,93
IV ₁	3000-3200	1.1-1.3	0.6-0.8	1700-1750	1500-1600	0,65-0,66	0,54-0,56	0,58-0,90	0,54-0,84
IV ₂	3000-3200	0.9-1.1	0.5-0.6	1700-1750	1500-1600	0,54-0,65	0,43-0,45	0,72-0,94	0,67-0,88
IV ₃	3000-3200	0.7-0.9	0.4-0.5	1700-1750	1500-1600	0,44-0,45	0,35-0,36	0,72-0,93	0,62-0,86
V ₁	3200-3400	0.7-0.9	0.4-0.5	1750-1800	1600-1700	0,44-0,45	0,35-0,36	0,68-0,81	0,59-0,75
V ₂	3200-3400	0.9-1.1	0.5-0.6	1750-1800	1600-1700	0,54-0,65	0,43-0,45	0,56-0,72	0,51-0,62
VI	3400-3600	0.7-0.9	0.4-0.5	1800-1850	1700-1800	0,44-0,45	0,35-0,36	0,59-0,68	0,53-0,61
VII	>3600	0.9-1.1	0.5-0.6	>1850	>1800	0,54-0,65	0,43-0,45	0,60-0,93	0,54-0,86

$$ПУ = 10^4 \cdot \eta \cdot k_m \frac{\Sigma Q_f}{q} ; \quad (7)$$

$$DVY = ПУ \cdot \frac{E}{E_0} ; \quad (8)$$

$$KVU = ПУ \cdot \frac{W}{W_{HB}} ; \quad (9)$$

$$KVU = ПУ \cdot B_{\Pi} , \quad (10)$$

где η , k'_m , Q_f , q , E , E_0 - соответственно коэффициент унификации фотосинтетически активной радиации конкретной культурой, коэффициент, характеризующий отношение хозяйственно ценной части урожая к общей биомассе конкретной культуры при стандартной влажности, сумма фотосинтетически активной радиации, теплотворная способность единицы урожая, величина влагопотребления и влагопотребности за вегетационный период культуры. Величины W , W_{HB} , B_{Π} - соответственно средние за вегетационный период запасы влаги в почве под данной культурой, величина наименьшей полевой влагоемкости почвы, бонитет почвы, который учитывает физико – химические свойства почвы, в том числе, увлажнение почвы. Известно несколько методов расчета КВУ.

Нами по единой методике были нами рассчитаны КВУ по трем методам: методам для шести основных сельскохозяйственных культур в разрезе агроклиматических районов и подрайонов с учетом соотношения влагопотребления к влагопотребности, по соотношению запасов влаги в почве к наименьшей полевой влагоемкости и с учетом бонитета почвы., которые для шести основных сельскохозяйственных культур по агроклиматическим макрорайонам и подрайонам. Для решения задачи оптимизации структуры посевных площадей нами выбран КВУ, рассчитанный по второму методу – с учетом соотношения средних за период запасов влаги к наименьшей полевой влагоемкости (табл.2). Величины урожайности культур вычислялись для всего диапазона значений фотосинтетически активной радиации и величин W / W_{HB} . Для решения задачи оптимизации из диапазона значений нами выбрана наименьшая величина урожайности. Т.е. максимизация валового сбора культур ориентирована на минимальные из возможных по агроклиматическим условиям урожая. Такой подход относится к стратегии, ориентированной на учет степени риска.

Прежде чем перейти к математической формулировке задачи, введем некоторые обозначения. Допустим, что X_{ij} ($i = 1, 2 \dots, 6$;) - посевные площади под конкретной культурой в первом, втором и так далее макрорайоне (от 1.1, 1.2,...7, всего 20 макрорайонов), C_{ij} ($i = 1, 2 \dots, 6$) - средние по макрорайонам значения агроклиматически возможной урожайности (КВУ). Их индексация полностью совпадает с индексацией переменных. Согласно цели исследования - определение оптимальной структуры размещения культур по макрорайонам, для получения максимального валового сбора продукции целевая функция записывается в таком виде

$$V = \sum_{j=1}^{120} C_i \cdot X_i \rightarrow \max , \quad (11)$$

где $V = C_{1.1} \cdot X_{1.1} + C_{1.2} \cdot X_{1.2} + \dots + C_{7.6} \cdot X_{7.6} . \quad (12)$

Таблица 2 - Климатически возможная урожайность в Украине

Макро район	Климатически возможная урожайность											
	оз.пшеница		яровой ячмень		кукуруза		подсолнечник		сах.свекла		картофель	
	ПУ	КВУ $\left(\frac{W}{W_{HB}}\right)$	ПУ	КВУ $\left(\frac{W}{W_{HB}}\right)$	ПУ	КВУ $\left(\frac{W}{W_{HB}}\right)$	ПУ	КВУ $\left(\frac{W}{W_{HB}}\right)$	ПУ	КВУ $\left(\frac{W}{W_{HB}}\right)$	ПУ	КВУ $\left(\frac{W}{W_{HB}}\right)$
I ₁	85	41-45	65	61-65	66-70	41-55	41-45	26-30	755	451-565	331-335	201-250
I ₂	85	41-65	65	56-85	66-70	46-70	41-45	26-40	755	511-740	331-335	226-330
I ₃	85	36-55	65	51-70	66-70	41-55	41-45	21-35	755	436-610	331-335	191-270
I ₄	85	31-50	65	46-65	66-70	36-50	41-45	21-30	755	391-565	331-335	171-250
II ₁	86-90	46-55	66-70	61-75	66-70	46-60	41-45	26-35	756-785	521-660	336-345	236-260
II ₂	86-90	41-55	66-70	46-70	66-70	46-60	41-45	21-30	756-785	476-660	336-345	236-260
II ₃	86-90	36-55	66-70	41-65	66-70	41-60	41-45	26-35	756-785	526-665	336-345	201-295
II ₄	86-90	41-65	66-70	31-66	66-70	41-65	41-45	26-40	756-785	466-740	336-345	206-325
II ₅	86-90	36-65	66-70	61-60	66-70	36-65	41-45	21-40	756-785	416-740	336-345	181-325
III ₁	86-90	41-65	66-70	51-80	71-76	51-75	41-45	31-45	786-805	556-780	346-355	246-345
III ₂	86-90	36-65	66-70	51-80	71-76	51-75	41-45	31-45	786-805	556-805	346-355	246-355
III ₃	86-90	46-65	66-70	61-90	71-76	46-75	41-45	31-45	786-805	511-805	336-355	221-355
III ₄	86-90	46-70	66-70	61-90	71-76	41-75	41-45	26-45	786-805	456-805	336-355	201-355
IV ₁	91-95	46-65	56-60	51-90	76-80	56-75	46-50	26-45	806-830	466-745	356-365	206-330
IV ₂	91-95	45-65	56-60	51-85	76-80	56-75	46-50	31-45	806-830	481-665	356-365	211-290
IV ₃	91-95	36-70	56-60	66-85	76-80	56-75	46-50	31-45	806-830	581-770	356-365	256-340
V ₁	91-95	36-55	61-65	66-85	81-86	56-70	46-50	31-40	831-855	566-495	366-375	246-305
V ₂	91-95	41-55	61-65	51-70	81-86	46-65	46-50	26-35	831-855	466-615	366-375	201-270
VI	95	41-55	51-55	56-65	86-90	51-65	51-55	31-35	856-875	501-595	376-385	221-260
VII	95	41-50	61-65	56-90	86-90	56-85	51-55	31-50	875	526-815	381-385	220-225

Или сокращено

$$V = \sum_{j=1}^n C_j \cdot X_j \rightarrow \max. \quad (13)$$

При решении задачи нужно придерживаться двух условий:

1) общая посевная площадь под названными культурами не превышает фактическую или планируемую суммарную площадь под этими же культурами по всей территории Украины и отдельных макрорайонов. Если обозначить фактическую суммарную площадь по макрорайонам через S_{ij} ($j = 1.1, 1.2, \dots, 7$; $i = 1, 2, \dots, 6$), то математически данное условие запишется так

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{1.1,1} + X_{1.1,2} + X_{1.1,3} + X_{1.1,4} + X_{1.1,5} + X_{1.1,6} \leq S_{1.1} \\ X_{1.2,1} + X_{1.2,2} + X_{1.2,3} + X_{1.2,4} + X_{1.2,5} + X_{1.2,6} \leq S_{1.2i} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ X_{7.1} + X_{7.2} + X_{7.3} + X_{7.4} + X_{7.5} + X_{7.6} \leq S_{7i} \end{array} \right. \quad (14)$$

Или сокращенно

$$\sum_{i=1}^{120} X_i \leq S_i, \quad (j = 1.1, 1.2, \dots, 7; i = 1, 2, \dots, 6). \quad (15)$$

2) общая посевная площадь под культурами и урожайность не может быть отрицательным числом:

$$X_{1i} \geq 0; X_2 \geq 0; \dots X_{120} \geq 0; \quad (16)$$

$$C_{1i} \geq 0; C_2 \geq 0; \dots C_{120} \geq 0. \quad (17)$$

Был проведен анализ текущего соотношения величин климатически обеспеченной урожайности и площадей под указанными культурами в разрезе макрорайонов и подрайонов. Выявлено, что наибольшие площади под озимую пшеницу отводятся в макрорайоне I_{1,3}, III₄, VI. Максимальные же урожаи пшеницы получают в макрорайонах I₁, II₅, III₃, IV₃, V₁. По яровому ячменю соотношение максимальной урожайности и площадей под культурами по макрорайонам совпадает в больше мере. И почти полное несовпадение максимальных значений площадей и урожайности по макрорайонам и подрайонам отмечается у кукурузы, подсолнечника сахарной свеклы.

Опираясь на приведенные в концепции развития сельскохозяйственного производства в Украине и региональные особенности размещения культур, нами подготовлена первичная информация и составлена модели оптимизации структуры посевных площадей. Целевая функция (ЦФ) представлена в (13), ограничения (ОГР) для модели - в виде системы неравенств (18), а граничные условия (ГРУ) – в (16, 17). Общий вид расчетов представлен в табл. 3, на примере озимой пшеницы, вариант 1 – нижний предел урожайности. Под показателями X₁ – X₂₀ обозначены макрорайоны и подрайоны Украины. Значения (текущие, нижние и верхние пределы) отражают величины площадей под этой культурой по макрорайонам. Коэффициент ЦФ рассчитывался как произведение урожайности, площади и соотношения урожайности данного макрорайона к максимального для Украины. В правой части обозначены существующие площади под культурами в данном макрорайоне, а в левой – оптимальные. В правом верхнем углу перед обозначением «макс» указана величина валового сбора культуры в стране.

В табл.4 представлены результаты расчетов по шести культурам в целом по стране. Как видим, вполне реально по агроклиматическим условиям довести валовый сбор пшеницы до 48, ярового ячменя – 27, кукурузы – 8, подсолнечника – 5, картофеля – 1152, а сахарной свеклы – до 2576 млн.т. При этом, площади посевов составят

$$\begin{aligned}
 X_{1,1,1} + X_{1,1,2} + X_{1,1,3} + X_{1,1,4} + X_{1,1,5} + X_{1,1,6} &\leq 2.0 \\
 X_{1,2,1} + X_{1,2,2} + X_{1,2,3} + X_{1,2,4} + X_{1,2,5} + X_{1,2,6} &\leq 2.1 \\
 X_{1,3,1} + X_{1,3,2} + X_{1,3,3} + X_{1,3,4} + X_{1,3,5} + X_{1,3,6} &\leq 3.3 \\
 X_{1,4,1} + X_{1,4,2} + X_{1,4,3} + X_{1,4,4} + X_{1,4,5} + X_{1,4,6} &\leq 1.2 \\
 X_{2,1,1} + X_{2,1,2} + X_{2,1,3} + X_{2,1,4} + X_{2,1,5} + X_{2,1,6} &\leq 0.1 \\
 X_{2,2,1} + X_{2,2,2} + X_{2,2,3} + X_{2,2,4} + X_{2,2,5} + X_{2,2,6} &\leq 0.1 \\
 X_{2,3,1} + X_{2,3,2} + X_{2,3,3} + X_{2,3,4} + X_{2,3,5} + X_{2,3,6} &\leq 0.2 \\
 X_{2,4,1} + X_{2,4,2} + X_{2,4,3} + X_{2,4,4} + X_{2,4,5} + X_{2,4,6} &\leq 1.5 \\
 X_{2,5,1} + X_{2,5,2} + X_{2,5,3} + X_{2,5,4} + X_{2,5,5} + X_{2,5,6} &\leq 1.7 \\
 X_{3,1,1} + X_{3,1,2} + X_{3,1,3} + X_{3,1,4} + X_{3,1,5} + X_{3,1,6} &\leq 0.08 \\
 X_{3,2,1} + X_{3,2,2} + X_{3,2,3} + X_{3,2,4} + X_{3,2,5} + X_{3,2,6} &\leq 0.08 \\
 X_{3,3,1} + X_{3,3,2} + X_{3,3,3} + X_{3,3,4} + X_{3,3,5} + X_{3,3,6} &\leq 2.0 \\
 X_{3,4,1} + X_{3,4,2} + X_{3,4,3} + X_{3,4,4} + X_{3,4,5} + X_{3,4,6} &\leq 2.3 \\
 X_{4,1,1} + X_{4,1,2} + X_{4,1,3} + X_{4,1,4} + X_{4,1,5} + X_{4,1,6} &\leq 0.1 \\
 X_{4,2,1} + X_{4,2,2} + X_{4,2,3} + X_{4,2,4} + X_{4,2,5} + X_{4,2,6} &\leq 1.5 \\
 X_{4,3,1} + X_{4,3,2} + X_{4,3,3} + X_{4,3,4} + X_{4,3,5} + X_{4,3,6} &\leq 0.2 \\
 X_{5,1,1} + X_{5,1,2} + X_{5,1,3} + X_{5,1,4} + X_{5,1,5} + X_{5,1,6} &\leq 1.2 \\
 X_{5,2,1} + X_{5,2,2} + X_{5,2,3} + X_{5,2,4} + X_{5,2,5} + X_{5,2,6} &\leq 1.3 \\
 X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{6,4} + X_{6,5} + X_{6,6} &\leq 1.5 \\
 X_{7,1} + X_{7,2} + X_{7,3} + X_{7,4} + X_{7,5} + X_{7,6} &\leq 0.09
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

Таблица 4 – Результаты оптимизации структуры посевов сельскохозяйственных культур в Украине

Культуры	Валовый сбор, млн.т		Урожайность (КВУ), т/га		Площади (по макрорайонам), млн.га
	В-1	В-2	В-1	В-2	
Оз.пшеница	48,4	60,2	4,6-6,6	6,5-9,0	0,02-0,8
Яр.ячмень	26,6	39,0	3,1-4,6	4,5-7,0	0,02-0,8
Кукуруза	8,1	24,8	3,6-5,6	5,0-8,5	0,01-0,4
Подсолнечник	5,0	10,2	2,1-3,1	3,0-5,0	0,0-0,4
Картофель	1152	2212	17,1-25,6	22,5-35,5	0,0-1,5
Сах.свекла	2576	5640	22,5-35,5	39-158,1	0,0-1,5

соответственно по районам в пределах страны около 20 млн. га. Дифференциация посевных площадей по макрорайонам колеблется в пределах 0.02- 0.8 млн. га по макрорайонам у озимой пшеницы и ярового ячменя, по 0.01-0.4 – у кукурузы. От 0 до 04 млн. га колеблются по макрорайонам площади у подсолнечника и от 0 до 1.5 млн. га – картофеля и свеклы.

Таблица 3 – Пример записи программы оптимизации структуры посевных площадей

	11	12	13	14	21	22	23	24	25	31		33	34	41	42	43	51	52	6	7												
имя	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20												
значение	0,40	0,40	0,80	0,30	0,02	0,03	0,03	0,30	0,30	0,02	0,02	0,03	0,50	0,02	0,30	0,04	0,30	0,30	0,40	0,02												
нижн.гр	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00												
верх.гр	0,40	0,40	0,80	0,30	0,02	0,03	0,03	0,30	0,30	0,02	0,02	0,03	0,50	0,02	0,30	0,04	0,30	0,30	0,40	0,02												
коэфф в ЦФ	2,26	1,90	3,16	0,97	0,12	0,09	0,08	0,43	1,71	0,10	0,10	0,18	2,93	0,10	1,17	0,26	1,98	1,17	1,90	0,11	48,41	макс	20,72									
	Ограничения																															
вид	6,10	5,60	5,10	4,60	6,10	4,60	4,10	3,10	6,10	5,10	5,10	6,10	6,10	5,10	5,10	6,60	6,60	5,10	5,60	5,60												
x1	0,92																				левая часть	знак										
x2		0,85																					0,37	≤	0,40							
x3			0,77																					0,34	≤	0,40						
x4				0,70																					0,62	≤	0,80					
x5					0,92																					0,21	≤	0,30				
x6						0,70																					0,02	≤	0,02			
x7							0,62																					0,02	≤	0,03		
x8								0,47																				0,02	≤	0,03		
x9									0,92																				0,14	≤	0,30	
x10										0,77																			0,28	≤	0,30	
x11											0,77																		0,02	≤	0,02	
x12												0,92																	0,02	≤	0,02	
x13													0,92																	0,03	≤	0,03
x14														0,92																0,46	≤	0,50
x15															0,77															0,02	≤	0,02
x16																0,77														0,23	≤	0,30
x17																	1,00													0,04	≤	0,04
x18																		1,00												0,30	≤	0,30
x19																			0,77											0,23	≤	0,30
x20																					0,85									0,23	≤	0,30
																						0,85								0,34	≤	0,40
																							0,85							0,02	≤	0,02

Выводы. На основе последовательного решения ряда задач, которые включают анализ планируемого развития агропромышленного сектора экономики в Украине, нового агроклиматического районирования территории страны и расчета урожайности основных сельскохозяйственных культур решалась задача оптимизации структуры посевных площадей под ними. Как целевая функция выбрана операция максимизации валового сбора. Полученные результаты свидетельствуют, что в Украине при рациональном перераспределении площадей под культурами вполне достижим валовый сбор зерна (пшеница, ячмень и кукуруза) до 81.7 млн.т, а картофеля и сахарной свеклы – соответственно до 1152 и 2576 млн.т.

Список литературы

1. Борисова О.А. Оптимизация структуры посевных площадей с учетом агроклиматических ресурсов территории как задача стохастического программирования. //Труды ВНИИСХИМ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989, вып.24. – С. 30-38.
2. Жуков В.А. О некоторых проблемах агроклиматического обеспечения агропромышленного комплекса. //Труды ВНИИСХИМ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989, вып.24. – С.6-17.
3. Жуков В.А. Моделирование, оценка и рациональное использование агроклиматических ресурсов России. // Авторефер. дисс. д.геогр.н., шифр 11.00.09. – М., 1998. – 54 с.
4. Витченко А. Н., Полевой А. Н. Методика агроэкологической оценки сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии. //Вестник Белорусского университета, сер. 2: химия, биология, география, 1986, № 2. – С. 56– 59.
5. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року. – Київ. 2008. – 40с.
6. Концепція державної цільової програми „Зерно України 2009 – 2015”. – Київ. – 2008.
7. Калініченко А.В. Оптиміальне використання земельних ресурсів – надійний засіб досягнення збалансованості агроєкосистем. //Агроєкологічний журнал. – 2005. -№1. – С.15-22.
8. Ляшенко І.Н., Карагодова Е.А., Черникова Н.В., Груша М.М. Линейное и нелинейное программирование. – Киев: Вища школа, 1975. – 371 с.
9. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. - Метеорологія, кліматологія і гідрологія. Міжвідомчий науковий збірник України – Одеса: Екологія. – 2008. - № 48. –С. 196-205.
10. Ляшенко Г.В. Комплексное разномасштабное районирование Украины. – Метеорологія, кліматологія і гідрологія. Міжвідомчий науковий збірник України – Одеса: Екологія. – 2008. - №50 часть 2. – С. 336 – 341.
11. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование Украины. – Украинский гидрометеорологический журнал. – Одесса. - №3. – С.98 – 108.

Оптимізація структури посівів сільськогосподарських культур в Україні з урахуванням агрокліматичних ресурсів. Ляшенко Г.В.

Розглядаються підходи до оптимізації структури посівних площ сільськогосподарських культур в Україні. Описується симплекс-метод як метод лінійного програмування при рішенні даної задачі. Приводиться алгоритм оптимізації посівних площ під основними сільськогосподарськими культурами в Україні. Представлені результати оптимізації посівних площ із застосуванням симплекс-метода на підставі врахування агрокліматичних умов формування їх врожайності.

Ключові слова: оптимізація, структура посівних площ, симплекс-метод, лінійне програмування, агрокліматичні ресурси, продуктивність агроєкосистем.

Optimization of structure of sowings of agricultural crops in Ukraine taking into account agroclimatic resources. G.V. Lyashenko

Approaches to optimization of structure of sowing areas of agricultural crops in Ukraine are considered. Simplex-method as method of linear programming under solution of given task is described. Algorithm of optimization of sowing areas under main agricultural crops in Ukraine is given. Results of optimization of sowing areas under main agricultural crops on the base of detailed account of agroclimatic conditions of yield formation are presented with application of simplex method.

Key words: optimization, structure of sowing areas, simplex-method, linear programming, agroclimatic resources, productivity of agrosystems.