

# О П Т И М А Л Ь Н О Е   П Л А Н И Р О В А Н И Е

Сборник трудов

Института математики СО АН СССР

1966 г.

Выпуск 3

## П Л А Н И Р О В А Н И Е   И С П О Л Ь З О В А Н И Я   Д Е Й С Т В У Ю Щ И Х О Р О С И Т Е Л Ь Н Ы Х   С И С Т Е М

В.А. Кардаш, В.Г. Пряжинская

В работе излагается линейная экономико-математическая модель внутрихозяйственного использования оросительных систем. В первой части разрабатывается методика подготовки материалов для расчетов по модели, во второй части приведен расчет конкретной задачи об оптимальном использовании Алейской оросительной системы.

### 1. Экономико-математическое моделирование проблемы

**Экономическая сущность задачи.** Одним из основных направлений интенсификации сельскохозяйственного производства является развитие орошаемого земледелия. Поэтому так актуальны экономические вопросы ирригационного строительства и задача повышения экономической эффективности использования уже действующих оросительных систем.

Вложение дополнительных затрат на орошение дает дополнительную продукцию и гарантирует получение устойчивых урожаев. Однако необходимо, чтобы дополнительная продукция покрывала затраты, связанные с орошением (при условии правильного соотношения результатов и затрат), и мероприятия давали чистый доход.

Наибольший чистый доход может быть получен при правильном выборе вариантов мест строительства и вариантов эксплуатации оросительных систем, при экономически обоснованном наборе куль-

тур и способов их орошения. Решить проблему получения максимального экономического эффекта от орошения с учетом всех организационно-экономических и природных условий можно, применяя методы линейного программирования [1] и современные ЭВМ.

Существенной особенностью сельскохозяйственных задач является их стохастический характер, обусловленный влиянием погодных условий на результаты производства. В задачах, связанных с орошением, это обстоятельство имеет решающее значение [10]. При решении таких задач выделяются разные по степени естественного увлажнения годы (например, относительно влажные, средние по засушливости и островасушливые) с учетом их повторяемости. Тем самым при планировании орошаемого земледелия представляется возможным дифференцировать нормативы для более полного отражения в планах реальных производственных условий. Данные многолетних наблюдений по выпадению осадков в вегетационный период при сопоставлении их со средними уровнями урожайности характеризуют эффективность естественного увлажнения.

В настоящей работе исследуются вопросы внутрихозяйственной организации использования оросительных систем и излагается методика расчета экономически эффективного варианта организации с учетом условий естественного увлажнения.

За критерий оптимального использования оросительной системы принят максимум суммарного чистого дохода, получаемого во всех хозяйствах, обслуживаемых системой, с учетом ресурсов и производственных условий каждого из них.

Рассматриваются следующие резервы повышения экономической эффективности орошаемого земледелия:

1. Более обоснованная специализация хозяйства.
2. Наиболее выгодное распределение между хозяйствами воды из магистрального канала.
3. Установление экономически обоснованной структуры посевных площадей как на поливных, так и на богарных землях.
4. Выбор наиболее экономичных способов и техники полива в зависимости от культур и исходов естественного увлажнения.
5. Определение направлений капиталовложений в хозяйствах:
  - а) зарегулирование водного стока,
  - б) мероприятия по рассолению земель,
  - в) закупка дождевальной техники,
  - г) увеличение ресурсов труда и др.

Каждый вариант плана использования системы сопровождается балансовым обоснованием по земле (богарной и орошаемой), труду,

технике и удобрениям, государственным заданиям и потребностям животноводства в кормах (по видам кормов).

Суммарный чистый доход и сформулированные выше наиболее существенные организационно-экономические, технологические и природные условия производства могут быть представлены в виде линейных соотношений относительно искомым показателей плана, то есть проблему определения эффективности орошаемого земледелия можно сформулировать как задачу линейного программирования. Математическое представление существа проблемы является ее математико-экономической моделью.

Математическая формулировка задачи. Найти максимум линейной функции:

$$\mathcal{L}(x_{ijk}^{(\ell)}) = \mathcal{L}_1(x_{ijk}^{(1)}) + \mathcal{L}_2(x_{ijk}^{(2)}) + \mathcal{L}_3(x_{ijk}^{(3)}), \quad (I)$$

где

$$\mathcal{L}_\ell = \rho_\ell \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} c_{ijk}^{(\ell)} x_{ijk}^{(\ell)}, \quad \ell = 1, 2, 3,$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^{n_1} x_{ijk}^{(1)} = \sum_{j=1}^{n_1} x_{ijk}^{(2)} = \sum_{j=1}^{n_1} x_{ijk}^{(3)}, \quad i = 1, 2, \dots, m_1; k = 1, 2, \dots, K; \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} q_{ij}^{(\ell)} x_{ijk}^{(\ell)} \leq Q^{(\ell)}, \quad \ell = 1, 2, 3; \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} a_{ijk\nu}^{(\ell)} x_{ijk}^{(\ell)} \geq H_\nu^{(\ell)}, \quad \ell = 1, 2, 3; \nu = 1, 2, \dots, N_1; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} a_{ijk\nu}^{(\ell)} x_{ijk}^{(\ell)} \leq B_{k\nu}^{(\ell)}, \quad \nu = N_1 + 1, \dots, N, \ell = 1, 2, 3; k = 1, 2, \dots, K; \quad (5)$$

$$x_{ijk}^{(\ell)} > 0, \quad \ell = 1, 2, 3; i = 1, 2, \dots, m_1; k = 1, 2, \dots, K; j = 1, 2, \dots, n_1. \quad (6)$$

Здесь  $x_{ijk}^{(\ell)}$  - искомые показатели плана использования оросительной системы: площадь под  $i$ -ой культурой или севооборотом в  $j$ -ом варианте орошения, поголовье скота  $i$ -го вида при  $j$ -ом варианте кормления,  $i$ -ое направление капиталовложений при  $j$ -ом варианте их использования в случае  $\ell$ -го исхода условий естественного увлажнения в  $k$ -ом хозяйстве.  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  - вероятности повторения возможных исходов относительно влажных,

средне-и острозасушливых лет,  $C_{ijk}^{(e)}$  - чистый доход, получаемый на 1 га в  $k$ -ом хозяйстве по  $i$ -ой культуре при  $j$ -ом способе орошения,  $j=1$  соответствует способу без орошения;  $Q_{ijkv}^{(e)}$  - производство  $v$ -го продукта или затраты  $v$ -го ресурса (земли, труда, техники, кормов, денежных средств и пр. в расчете на 1 гектар посевов, 1 голову скота);  $q_{ij}^{(e)}$  - оросительная норма на 1 га посева  $i$ -ой культуры при  $j$ -ом способе орошения в  $\ell$ -ом исходе условий естественного увлажнения  $q_{ij}^{(e)}=0$ ;  $Q^{(e)}$  - количество воды, которое может быть подано по магистральному каналу для нужд орошения в  $\ell$ -ый по водности исход;  $H_S^{(e)}$  - задание по производству  $v$ -го продукта,  $B_{kv}^{(e)}$  - количество  $v$ -го ресурса в  $k$ -ом хозяйстве.

Из коэффициентов при неизвестных, стоящих в левых частях ограничений (2)-(5), можно составить матрицу условий  $A$  размерности  $M \times P$ , Число строк  $M$  равно общему числу неизвестных задачи :

$$M = 3K(m_1 n_1 + m_2 n_2 + \dots + m_\mu n_\mu), \sum_{j=1}^{\mu} m_j = m; \sum_{j=1}^{\mu} n_j = n.$$

Здесь  $K$  - число хозяйств,  $m_j$  - число культур, возделываемых в хозяйстве,  $n_j$  - число способов орошения,  $m_j n_j = 2\mu$  число видов скота, и направлений капиталовложений,  $n_j$  - число вариантов кормления скота и использования капиталовложений.

Число столбцов  $P$  матрицы  $A$  равно количеству ограничений задачи:

$$P = 2Km_1 + 3 [N_1 + K(N - N_1) + 1],$$

где  $N_1$  - число ограничений по госзаданиям,  $N - N_1$  - общее число ограничений по каждому хозяйству.

Для упорядочения информации удобна объединенная запись условий задачи в одной таблице. Представим такую запись в сокращенном виде таблицей I. Здесь при записи переменных  $x_{ijk}^{(e)}$  и коэффициентов линейной формы  $C_{ijk}^{(e)}$  индексы  $\ell$  и  $k$  указаны в таблице нумерацией исходов и хозяйств системы соответственно. Через  $C_{ij}$  обозначены произведения вероятности исхода  $p_\ell$  на величину чистого дохода, получаемого в  $k$ -ом хозяйстве от  $i$ -ой культуры, при  $j$ -ом способе орошения, то есть

$$C_{ij} = p_\ell C_{ijk}^{(e)}.$$

**О р г а н и з а ц и о н н о - э к о н о м и ч е с к и е а с п е к т ы м о д е л и .** Оптимальный план использования оросительной системы должен в наибольшей степени гарантировать полу-



чение максимума чистого дохода с учетом условий естественного увлажнения в данной зоне. Поэтому в задаче определяется максимум математического ожидания чистого дохода при известных вероятностях  $p_e, e=1,2,3; p_1+p_2+p_3=1$ , повторения исходов естественного увлажнения.

Так как в период посева неизвестно, как сложатся эти условия, и существенно менять структуру посевов в течение сельскохозяйственного периода невозможно, то в модели предусматривается равенство посевных площадей по каждой культуре (условия (2) задачи) для различных по засушливости исходов. В межхозяйственные условия производства (ограничения (4)) входит задание по производству  $\gamma$ -го продукта  $H_{\gamma}^{(e)}$ , которое берется как сумма объемов госзаданий для всех хозяйств. Таким заданием ограниченный решается вопрос о более целесообразной специализации каждого хозяйства. Перераспределение плана госзакупок между хозяйствами в пределах общего объема будет зависеть от условий развития конкретной отрасли производства в каждом хозяйстве, в том числе и от условий развития орошаемого земледелия (увеличения площадей ирригационно подготовленных земель, пополнения ресурсов рабочей силы, возможности закупки дождевальной техники и др.). При рассмотрении в задаче различных вариантов кормления снота структура посевных площадей на богарных и орошаемых землях будет зависеть как от специализации растениеводческих отраслей, так и от более рационального набора кормовых культур.

Каждому хозяйству, обслуживаемому оросительной системой, доступны свои варианты организации производства и в связи с этим имеются свои возможности получения чистого дохода при оптимальном использовании ресурсов в каждый из трех возможных исходов. Различие условий характеризуется в таблице I матрицами нормативов  $A_1, A_2, A_3$ , каждая из которых состоит из  $K$  блоков по числу хозяйств, и вектором ресурсов  $B$ . Поэтому в оптимальном плане помимо структуры посевов получится также система орошения по каждой выбранной в зависимости от исхода естественного увлажнения культуре.

Выполнение хозяйствами такого плана должно осуществляться двумя этапами. Первоначально реализуется полученная оптимальная структура посевов. Позднее, по мере того, как складываются погодные условия, применяется та последовательность мероприятий по орошению, которая по расчету является оптимальной именно для складывающихся условий. В этом смысле план будет тем конкретнее, чем подробнее проведена дифференциация сельскохозяй-

заявленных работ по периодам и корректнее учтена стохастика проблемы.

Методика подготовки и обработки материалов.

а) Для определения вероятностей повторения исходов естественного увлажнения может использоваться метод обработки статистических материалов, описанный в [10].

б) В зависимости от потребности каждой культуры и влагообеспеченности определяется число поливов и поливные нормы в засушливый, средний и относительно влажный годы.

Графики поливов разрабатываются обычно в расчете на средний по водообеспеченности год. Исходя из потребностей культур в поливах в разные периоды вегетации, рассчитываются затем оросительные нормы их для засушливого (когда добавляются один-два полива) и увлажненного исходов (когда некоторое число поливов может быть снято). Оросительные нормы для каждой культуры вычисляются по формулам:

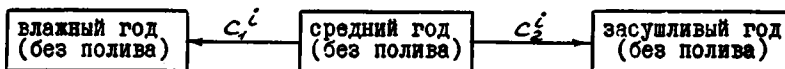
$$Q^{(e)} = \sum_{\eta=1}^{K_e} q_{\eta}.$$

Здесь  $K_e$ ,  $e = 1, 2, 3$ , - число поливов в  $e$ -ый исход,  $q_1, q_2, \dots, q_{K_e}$  - первая, вторая и последующие поливные нормы. При решении задачи может учитываться либо полная оросительная норма культуры, либо часть ее, приходящаяся на наиболее напряженный период водопользования.

в) Уровни урожайности культур - самый ответственный показатель в расчете эффективного использования оросительной системы. Поэтому подготовка этих материалов должна проводиться с особой тщательностью. Эффективность орошения, выраженная увеличением урожайности, будет различной в разные по засушливости годы. Поэтому урожайности культур в каждом хозяйстве должны быть дифференцированы как по уровням их на богарных и поливных землях, так и по годам разной степени естественного увлажнения. Используются прежде всего фактические данные хозяйств по урожайности в разные по засушливости годы. Изучаются также разработанные в хозяйствах плановые показатели; они должны быть получены на основе подробно составленных технологических карт. Большой интерес представляют материалы государственных сортоиспытательных участков.

Из фактических материалов об уровнях урожайности каждой культуры можно получить количественные оценки эффективности ес-

тественного увлажнения для различных культур в разные по засушливости годы. Оценки эти могут быть выражены, например, в процентах от уровня урожая, получаемого в средний по увлажненности год. Представим систему оценок для  $i$ -ой культуры в виде схемы:



Плановые показатели в хозяйствах устанавливаются обычно в расчете на средний год. Имея эти урожайности и оценки  $c_1^i, c_2^i$ , рассчитывают дифференцированные плановые урожайности.

Уровни урожайности культур при орошении учитываются на основании фактических данных и, для простоты, берутся одинаковыми в разные по засушливости годы. Предполагается, что для каждой культуры за счет затрат на орошение можно достичь выравнивания урожайности в разных погодных условиях.

г) Нормативы как общих денежных затрат, так и затрат труда и техники при орошении зависят от числа поливов. Расчет их проводится по следующей схеме:

$$a + \begin{cases} \sum_{\mu=1}^{k_1^{(i)}} a_{\mu 1} \\ \dots \dots \dots \\ \sum_{\mu=1}^{k_n^{(i)}} a_{\mu n} \end{cases} = \begin{cases} d_1^{(i)} \\ \vdots \\ d_n^{(i)} \end{cases}$$

Здесь  $a$  - затраты без орошения,  $k_j^{(i)}$  - число поливов в  $i$ -ый исход,  $a_{\mu j}$  - затраты на один полив,  $\mu$  - номер полива,  $j$  - номер способа орошения,  $j=1, 2, \dots, n$ ;  $d_1^{(i)}, \dots, d_n^{(i)}$  - общие затраты на 1 гектар с учетом орошения.

Поскольку число поливов в разные исходы различно, то затраты дифференцируются в зависимости от засушливости года. При расчете общих денежных затрат к  $d_i^{(i)}, i=1, \dots, n$ , прибавляются затраты на амортизацию и текущий ремонт внутрихозяйственной оросительной сети.

Таким образом, каждый способ полива характеризуется набором нормативов затрат труда, техники, воды и результатом, выраженным чистым доходом, получаемым как разность между оценкой продукции с 1 га и общими денежными затратами на 1 га.

Такое количественное описание должны получать как уже освоенные, так и вновь предлагаемые способы орошения (по их про-



изводственно-техническим характеристикам).

д) Расчет ресурсов воды проводится на основе конкретных материалов по оросительной системе. Используются данные о расходах воды в каналах, изучается направление использования воды, учитываются потери на испарение, фильтрацию и сброс.

Учет земельных ресурсов производится дифференцированно по богарным  $S_1$  и ирригационно-подготовленным  $S_2$  землям ( $S_1 + S_2 = S$ ). Иногда в хозяйствах по каким-либо причинам в данный момент не полностью используются под орошение участки земли, снабженные оросительной сетью. Однако при постановке задачи, все ирригационно подготовленные земли должны включаться в категорию орошаемых земель с дифференциацией по качеству; одновременно вводятся способы вовлечения их в хозяйственный оборот. По причинам недостатка какого-либо ресурса и в оптимальном плане орошаемые земли могут быть использованы не полностью. В этом случае необходимо предусмотреть доиспользование ирригационно подготовленных земель как богарных. Это достигается заданием трех ограничений на землю:  $W \leq S_2$ ,  $S'(x) \leq W$ ,  $S''(x) \leq S - W$ , где  $W$  - переменная площадь орошаемых земель,  $S'(x)$  - площадь под орошаемыми культурами,  $S''(x)$  - под неорошаемыми культурами.

Для изучения экономической эффективности мероприятий по рассолению земель необходимо подразделять их по степени засоленности.

Ресурсы труда в человеко-днях рассматриваются с учетом продолжительности полевых работ в растениеводстве и отдельно в животноводстве. При этом важно выделение труда механизаторов и специалистов-поливальщиков. Необходимо также учитывать все возможности привлечения дополнительной рабочей силы в напряженный период полевых работ.

Ресурсы техники учитываются в машино-часах работы за вычетом простоя на ремонт и в межполивные периоды. Помимо планируемого использования наличной дождевальной техники, предусматривается также возможность ее закупки (в том числе и машин новых марок) за счет выделенных для этого денежных средств.

Если животноводство рассматривается как фиксированная по объему отрасль хозяйства с заданными рационами кормления, то ставятся ограничения удовлетворения потребностей в кормах (по каждому виду кормов). При этом учитываются все ресурсы кормов, поступающих с естественных угодий. Если же отрасли животноводства рассматриваются переменными по объему, то вместо ограниченный фиксированного поголовья вводятся ограничения по возможнос-

тям размещения скота, темпам воспроизводства поголовья или другие реальные ограничения. Одновременно можно предусмотреть выбор наиболее эффективных рационов, что достигается либо заданием нескольких вариантов кормления, из которых производится выбор, либо заданием верхних и нижних границ по каждому виду кормов.

## II. Планирование внутрихозяйственного использования Алейской оросительной системы (АОС)

При расчетах использованы материалы по АОС, собранные Н.Н.Афанасьевой, В.А.Постновым, М.Л.Тарасенко, Н.А.Мосиенко .

**Х а р а к т е р и с т и к а А О С .** Алейская оросительная система, введенная в эксплуатацию в 1934-1938 гг, является одной из лучших инженерных оросительных систем Западной Сибири. Орошаемый массив АОС площадью около 10 тысяч га расположен на юго-востоке Кулундинской степи. Узкой полосой в 3-7 км он тянется более чем на 40 км по левобережью реки Алей; средний водозабор ее достигает 40 млн.м<sup>3</sup> в год.

АОС обслуживает три хозяйства: Рубцовский свеклосовхоз, колхозы "Путь к коммунизму" и имени Ленина. По своей производственной структуре все три хозяйства являются, по существу, многоотраслевыми, хотя в каждом из них можно выделить доминирующую отрасль. Так, свеклосовхоз специализируется на производстве свеклосемян, хотя 53,4% посевных площадей в нем (табл. 2) занято под зерновые, а сахарная свекла занимает лишь 4,4% площади. Однако, являясь очень трудоемкой отраслью производства, свекла требует значительной части затрат совхозных ресурсов: труда, техники, удобрений, воды и т.д. Почти 41% посевных площадей совхоза отведен под кормовые культуры. Из животноводческих отраслей развито молочное животноводство и птицеводство. На I/I-64г здесь имелось 3139 голов крупного рогатого скота, в том числе 1547 коров; 304 основных и 150 разовых свиноматок, 4477 кур-несушек.

Колхоз им. Ленина - зерновое хозяйство (под зерновыми занято 75,8% посевных площадей). Кроме того, здесь выращиваются овощи и картофель, а также развито молочное животноводство, овцеводство и птицеводство.

В колхозе "Путь к коммунизму" менее всего выражена специализация. Здесь выращиваются и зерновые, и картофель, и овощи;

в животноводстве - крупный рогатый скот, озы, птица.

Т а б л и ц а 2

Структура посевных площадей, %

Культуры	Свекло-совхоз	Колхоз им. Ленина	Колхоз "Путь к коммунизму"
Зерновые	53,4	75,8	54,5
Картофель	0,9	1,1	0,5
Овощи	0,4	0,5	0,26
Технические (сахарная свекла)	4,4	1,5	1,44
Кормовые ( без фуража)	40,9	21,1	43,3
Итого	100,0	100,0	100,0

Известно, что отсутствие четкой специализации в хозяйстве приводит к распылению средств. Поэтому в хозяйствах АОС очень важным направлением работ в области повышения экономической эффективности производства является углубление специализации.

Расчет исходных данных. Расчет данных задачи по АОС проводился согласно изложенной выше методике.

Вероятности повторения условий естественного увлажнения  $p_1=0,4, p_2=0,2, p_3=0,4$  рассчитаны на основе данных о динамике урожайности яровой пшеницы и осадков за вегетационный период по Кулунде с 1901 по 1963 год [10].

В качестве исходных данных при расчетах уровней урожайности культур использованы: 1) отчеты по хозяйствам системы за 1958 (относительно влажный), 1961 (средний), 1963 (остро засушливый) годы; 2) данные ГСУ, расположенного на территории колхоза имени Ленина, за те же годы; 3) перспективные планы хозяйств на 1965 год.

На основе этих материалов получены оценки  $c_1^e, c_2^e$  эффективности естественного увлажнения (смотри табл. 3).

Планируемые урожайности культур на богаре по каждому хозяйству Алейской оросительной системы дифференцированы по степени засушливости года; определены уровни урожайности на орошаемых землях.

Т а б л и ц а 3

Урожайность в процентах от уровня среднего  
по влажности года.

Культуры	Засушливый год	Относительно влажный год
Зерновые в целом	42	158
Кукуруза на силос	32	169
Сахарная свекла (фабричная и маточная)	15	187
Картофель	34	157
Овощи	9	193
Многолетние и однолетние травы	50	185

Расчет оросительных норм по основным культурам выполнен с учетом условий естественного увлажнения и способов поливов [3,4,5]. Для иллюстрации приведены оросительные нормы трех культур (табл. 4).

Затраты труда, техники, общие денежные затраты вычислялись согласно схеме, приведенной в пункте 4 первой части работы. По основным культурам затраты без орошения взяты по среднему 1961 году.

Денежные затраты на орошение одного га поверхностным способом определялись следующим образом. Стоимость первого вегетационного полива складывается из стоимости полива 8,5 руб. и затрат на амортизацию и текущий ремонт внутривозвращенной оросительной сети - 5 руб. (8,5 руб. + 5 руб. = 13,5 руб.) [6,7]. Надбавка для каждого последующего полива равна 7 руб. Затраты на один полив дождеванием по маркам машин следующие: ДДП-30С-9,7 руб., ДДН-45 - 7,3 руб., ДДА-100 - 3,3 руб. (при поливной норме 300м<sup>3</sup>).

В таблице 5 приведены общие затраты в рублях с учетом орошения 1 га трех культур.

Расчет затрат труда в человеко-днях на 1 га проведен на основе норм выработки ручного и механизированного труда на различных работах, связанных с поливами. Учитывался полный поливной цикл: нарезка и поправка борозд, выравнивание участков, полив. В таблице 6 приведены нормативы затрат труда и машино-часов на 1 полив при разных способах орошения для четырех марок

Таблица 4

Оросительные нормы, м<sup>3</sup>/га \*)

Дифференциация ор. норм		Зерновые	Сахарная свекла	Овощи в среднем	
дождевание	вл.	число поливов	1	3	8
		ор. норма	400	900	1600
	ср.	ч.п.	3	5	8
		ор. норма	1200	1500	1600
	зас.	ч.п.	4	8	10
		ор. норма	1600	1900	2200
арычный способ	вл.	ч.п.	2	3	4
		ор. норма	2200	2600	2200
	ср.	ч.п.	2	4	5
		ор. норма	2200	3000	3000
	зас.	ч.п.	3	5	6-7
		ор. норма	3200	3400	3600

Таблица 5.

Общие затраты в рублях и затраты дождевальной техники на орошение 1 га.

Дифференциация нормативов затрат		Зерновые		Сахарная свекла		Овощи в среднем		
		Общие затраты, руб	машинно-часы	Общие затраты, руб	машинно-часы	Общие затраты, руб	машинно-часы	
без орошения		25,5	-	261	-	428	-	
дождевание	вл.	ДДН-45	37,8	2,5	387,9	7,5	464,2	20
		ДА-100М	33,8	1,1	265,6	3,3	446,2	8,8
		ДДП-30С	40,2	3,7	275,1	11,1	471,8	29,6
	ср.	ДДН-45	52,4	7,5	302,5	12,5	476,8	20
		ДА-100М	40,4	3,3	282,5	5,5	452,8	8,8
		ДДП-30С	59,6	11,1	314,5	18,5	491,2	29,6
	зас.	ДДН-45	59,7	10	324,4	20	491,4	25
		ДА-100М	43,7	4,4	292,4	8,8	459,4	11
		ДДП-30С	69,3	14,8	343	29,6	510,2	37
арычный способ	вл.	46	-	278,6	-	449,8	-	
	ср.	46	-	282,8	-	454,5	-	
	зас.	53	-	287	-	458,2	-	

\*) Сокращения: вл. - влажный исход, ср. - средний, зас. - засушливый, ор. норма - оросительная норма, ч.п. - число поливов.

Нормативы затрат труда и дождевальной техники при поливах на 1 га (в расчете на 1 полив)

Виды поливов	Затраты труда, чел.дн				Поливная норма на 1 машину за сезон, га	Затраты машино-часов на 1 га
	На нарезку поливных борозд (по бороздам)	На нарезку валов борозд ков (напуск)	На нарезку и уход на уровне борозд	На полив		
Полив вручную: по бороздам напуском	0,88	-	1,0	1,0	2,88	-
	-	0,54	1,0	0,8	2,14	-
Полив дождеванием: Установкой ДДП-30С Установкой ДДН-45 Машиной ДДА-100М Машиной ДДА-200	-	-	1,84	0,37	2,21	50
	-	-	1,84	0,25	2,09	78
	-	-	1,84	0,22	2,06	150
	-	-	1,84	0,12	1,96	375

дождевальных машин.

Расчет затрат труда и дождевальной техники (табл. 5) на 1 га проведен с учетом кратности поливов [8].

Расчет ресурсов. Так как сток реки Алей не зарегулирован, то возможные заборы воды в магистральный канал колеблются в зависимости от водности и времени года. На основании данных по возможному забору воды в оросительную систему и распределения потребления воды на орошение основных культур по месяцам учитываются ограничения по воде в наиболее напряженный период водопользования. Расчет проведен по июлю, когда потребности в поливах здесь в среднем составляют 23% от общей оросительной нормы, а заборы воды равны 11,8 м<sup>3</sup>/сек. Таким образом, поступление воды в июле, за вычетом потребления г.Рубцовском (известно, что его потребности составляют 2 м<sup>3</sup>/сек) равно:

$$(11,8-2) \times 2,59 \approx 25,4 \text{ (млн.м}^3\text{)}.$$

Принимается, что потери воды на фильтрацию в магистральном канале равны 12%, во временных оросителях 6%, на испарение 12%, сброс - 30%. Следовательно, общие потери составляют 60%, то есть объем воды, который может быть использован в хозяйствах на различные цели, равен  $25,4 \times 0,4 = 10 \text{ (млн.м}^3\text{)}$ . По данным управления АОС известно, что из общего количества воды, поданной хозяйствам, на орошение расходуется около 60%, т.е. 6 млн.м<sup>3</sup>, причем примерно 30% этого количества расходуется в индивидуальных и прочих хозяйствах системы, помимо колхозов и свеклосовхоза. Итак, общий объем речных вод, который может быть использован на орошение в рассматриваемых хозяйствах АОС в июле составляет 4 млн.м<sup>3</sup>.

Данные по земельным ресурсам взяты из планов хозяйств АОС на 1965 г. Отсутствие материалов о степени засоления земель не позволило провести дифференциации орошаемых площадей по качеству.

При расчете ресурсов дождевальной техники в машино-часах и денежных средств на закупку дождевальной техники продолжительность работы машины за смену в период поливов принята равной 16 часам, поливной сезон 84 дням: с 10 мая по 2 августа. Количество рабочих машино-часов машин каждой марки за сезон с учетом времени на технический уход и простой в межполивные периоды принято следующими: ДДП-30С - 800, ДДН-45 - 800, ДДА -100 - 700.

Учет ресурсов труда в растениеводстве проведен на основе фактических материалов по каждому хозяйству. Учтены затраты труда в животноводстве и возможности привлечения дополнитель-

ной рабочей силы. Период полевых работ принят равным 145 дням (с 15 мая по 30 октября). Затраты труда в животноводстве за этот период приняты согласно нормативам, рекомендованным для Новосибирской области.

Нормативы потребности в кормах крупного рогатого скота, овец и птицы (с учетом структуры стада животных) взяты согласно рекомендаций СибНИИЖА. При расчете общих потребностей поголовья животных по группам учитывалось согласно планам хозяйств на 1965 год. Потребность в кормах выражается в центнерах кормовых единиц на все поголовье. Из потребностей животных в сене и зеленом корме вычитается та часть соответствующих кормов, которая покрывается с естественных угодий и сенокосов. Для овец и птиц взяты фиксированные потребности кормов на все планируемое поголовье, для крупного рогатого скота предусмотрен выбор наилучшего из четырех вариантов кормления. Задания по животноводству в модель не вводились, поскольку учтенное фиксированное поголовье при планируемой на 1965 г. продуктивности обеспечивает уровни задания по госзакупкам.

Особенности расчетной схемы задачи по АОС и преобразование исходных данных. В соответствии с обозначениями первой части задача по АОС имеет размерность:

$$M = 3K(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{\mu}, \pi_{\mu}) = 3 \cdot 3(11 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 2 \cdot 1) = 450;$$

$$P = 2K \cdot m_1 + 3[N_1 + K(N - N_1) + I] = 2 \cdot 3 \cdot 11 + 3(5 + 3 \cdot 13 + 1) = 201.$$

При существующих в настоящее время программах машинного счета решение задачи линейного программирования такой размерности затруднено. В связи с этим постановка задачи была упрощена с целью сокращения размерности, а именно: разыскивалось решение не для трех разных по влажности лет, а для некоторого среднего года. При расчетах использовались нормативы  $a_i$ , вычисленные по соответствующим значениям в засушливый ( $a_i^{(1)}$ ), средний ( $a_i^{(2)}$ ) и относительно влажный ( $a_i^{(3)}$ ) годы по формулам:

$$a_i = a_i^{(1)} \rho_1 + a_i^{(2)} \rho_2 + a_i^{(3)} \rho_3.$$

В задаче учитываются математические ожидания урожайностей как основной, так и побочной продукции. При этом приняты следующие предположения о направлении использования побочной про-



дукции: 1) 50% соломой используется как грубый корм; 2) все отходы овощей силосуются (угар принят равным 20%); 3) 25% ботвы сахарной свеклы идет на зеленый корм, 75% - силосуются; 4) 20% картофеля составляют отходы, которые используются как сочный корм. Перевод урожайности кормовых культур в кормовые единицы проведен по известным коэффициентам. Для оценки продукции в рублях использованы средние обесованные закупочные цены 1958 года в масштабе цен 1961 года.

В результате упрощения задачи размерность матрицы исходных данных получилась равной  $158 \times 47$ .

Решение задачи и экономический анализ полученных результатов. Решение задачи проведено на ЭВМ при ВЦ СО АН СССР по программе [9]. Программа реализует модифицированный симплекс-метод для решения общей задачи линейного программирования с одновременным решением прямой и двойственной задач. При этом вместе с оптимальным планом получается система объективно обусловленных оценок в тех же единицах измерения, что и чистый доход, т.е. в рублях. Величина оценки показывает, что если ослабить какое-то ограничение на единицу, то чистый доход возрастает на величину оценки. Для ресурсов это означает, что прибавка одного га земли, 1 человека-дня, 1 машино-смены ведет к повышению эффективности производства на величину соответствующей оценки. По количеству производимой продукции ставятся ограничения двух видов:  $< \text{ и } >$ . Если полученная оценка отличается от нуля, то в случае ограничений первого вида прибавка в линейной форме получается за счет увеличения производства продукции, а в случае ограничений второго вида - за счет сокращения производства этого вида продукции. Таким образом, объективно обусловленные оценки играют существенную роль при экономическом анализе полученного плана.

Оптимальный план организации производства в хозяйствах, обслуживаемых системой, приводится в таблице 7. Как орошаемые, так и богарные земли хозяйств, используются полностью. Структура посевов проста. В основном поливаются свекла, овощи, кукуруза и в меньшей мере - зерновые. Особенно эффективным оказывается орошение сахарной свеклы, поэтому в колхозе "Путь к коммунизму" вся орошаемая площадь отводится под сахарную свеклу, а в свеклосовхозе вся сахарная свекла должна поливаться. Из трех видов дождевальных машин наиболее эффективной является ДДА-100М. В силу этого в свеклосовхозе и в колхозе "Путь к коммунизму"

## ОПТИМАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ХОЗЯЙСТВ А О С .

Культуры и способы их полива	Свеклосовков					Колхоз имени Ленина						Колхоз "Путь к коммунизму"						
	Площадь, га		Чистый доход тыс. руб	Расход воды тыс. м <sup>3</sup>	Затраты труда чел/дни	Затраты дожде- вальной техники маш/час	Площадь, га		Чистый доход тыс. руб	Расход воды тыс. м <sup>3</sup>	Затраты труда чел/дни	Затраты дожде- вальной техники маш/час	Площадь, га		Чистый доход тыс. руб	Расход воды тыс. м <sup>3</sup>	Затраты труда чел/дни	Затраты дожде- вальной техники маш/час
	богар- ная	орошае- мая					богар- ная	орошае- мая					богар- ная	орошае- мая				
I. Зерно товарное без полива	13450	-	1266	-	12508	-	3972	-	281	-	3694	-	760	-	57	-	707	-
2. Зерно товарное с поливом (ДДА-100М)	-	3309	496	794	1810	9463	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Зерно фуражное без полива	2497	-	235	-	2322	-	1553	-	110	-	1444	-	2539	-	191	-	2361	-
4. Овощи с поливом (ДДА-100М)	-	-	-	-	-	-	-	332	196	140	67163	3213	-	-	-	-	-	-
5. Картофель с поливом (арычный)	-	174	47	72	6503	-	-	203	48	84	7615	-	-	-	-	-	-	-
6. Сахарная свекла фабричная с поливом (ДДА-100М)	-	806	13	263	73598	4784	-	370	128	121	23929	2200	-	1066	708	349	68885	6332
7. Сахарная свекла меточная с поливом (арычный)	-	444	7	304	40792	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Сахарная свекла фабричная без полива	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	657	-	249	-	35176	-
9. Сахарная свекла кормовая с поливом (арычный)	-	269	4	184	17516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Сахарная свекла кормовая с поливом (ДДА-100М)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	1	25	4905	451
II. Кукуруза на силос без полива	756	-	35	-	1209	-	1458	-	21	-	2333	-	1499	-	29	-	2398	-
12. Кукуруза на силос с поливом (арычный)	-	1369	129	822	14021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13. Однолетние травы на сено без полива	-	-	-	-	-	-	1732	-	24	-	2424	-	5177	-	74	-	7248	-
14. Многолетние травы на сено с поливом (ДДА-100М)	-	-	-	-	-	-	-	742	20	92	3273	1307	-	-	-	-	-	-
15. Многолетние травы на зеленый корм без полива	-	-	-	-	-	-	448	-	3	-	297	-	2204	-	15	-	1366	-
Всего по хозяйству	16703	6371	2232	2439	170279	14247	9203	1647	831	437	112172	6720	12836	1142	1321	374	123046	6783

все средства, выделенные на закупку техники, расходуется на приобретение ДДА-ЮСМ (20 и 10 машин, соответственно). Это позволяет в колхозе "Путь к коммунизму" всю орошаемую площадь, а в свеклосовхозе 70% ее обслужить дождевальными машинами. Наличие засоленных почв и высокое залегание грунтовых вод также говорят в пользу орошения дождеванием.

На таких пропашных культурах как кукуруза, картофель оказался выгодным арчный способ полива. И если в свеклосовхозе этот способ является вынужденным, поскольку средства на приобретение техники исчерпаны, то в колхозе имени Ленина при наличии резервов денежных средств арчный способ оказался эффективным. Однако следует учитывать тот факт, что оросительные нормы при арчном способе полива намного превышают соответствующие нормы при дождевании. Поэтому при наличии жестких ограничений на воду способ дождевания может оказаться предпочтительным.

В животноводстве наиболее эффективным оказался первый вариант кормления (1888 структурных коров из 2000 в свеклосовхозе и все поголовье 670 коров - в колхозе имени Ленина). Производство кормов при этом варианте требует интенсивного развития земледелия. В колхозе "Путь к коммунизму", где наименьший в хозяйствах АЭС процент распашки земель (54,5), для всего поголовья (1000 структурных коров) оказался выгодным вариант кормления, рассчитанный на менее интенсивное земледелие.

Наиболее выгодной в условиях АЭС оказалась специализация хозяйств на производстве товарного зерна и фабричной сахарной свеклы. По оптимальному плану (табл. 8) хозяйствами может быть произведено сверх задания 46102 ц товарного зерна и 277758 ц сахарной свеклы.

Оптимальное решение показывает, что в целях лучшего использования производственных условий выгодно некоторое перераспределение между хозяйствами АЭС государственных заданий по растениеводческой продукции. Сравним плановые задания и производство продукции по оптимальному плану на 1965 год (табл. 9).

Производство овощей концентрируется в колхозе имени Ленина. Небольшое задание по картофелю для колхоза "Путь к коммунизму" перераспределяется между свеклосовхозом и колхозом имени Ленина.

Из колхоза "Путь к коммунизму" в свеклосовхоз и колхоз имени Ленина перемещается также производство товарного зерна, зато в этом колхозе сосредоточивается производство фабричной сахарной свеклы. Таким образом, оптимальное решение ориентиру-

Т а б л и ц а 8

## Основные показатели плана по хозяйствам АСС

Показатели	Свеклосовхоз	Колхоз имени Ленина	Колхоз "Путь к коммунизму"	Итого	Ресурсы и плановые задания	Баланс
Общий чистый доход, тыс. рублей	2232,0	832,3	1322,2	4386,1	-	-
Чистый доход в расчете на 1 га пашни, рублей	96,7	76,7	94,6	91,6	-	-
Расход воды, тыс. м <sup>3</sup>	2439,2	437,6	373,4	3249,7	4000	+751
Зерно, т	23899,5	4091,6	819,2	28810,2	24200,0	+4610,2
Картофель, т	1785,9	1918,9	-	3700,0	3700,0	+0
Овоши, т	-	5550,0	-	5550,0	5550,0	0
Свекла фабричная (корни), т	-	4940,1	30335,7	35275,8	7500,0	+27775,8
Свеклосемена, т	1000,0	-	-	1000,0	1000,0	0

ет планирование на концентрацию производства.

По животноводству, как уже говорилось, были заданы ограничения по фиксированному объему отраслей. В результате решения задачи получено, что все потребности поголовья животных в кормах по соответствующим нормам кормления удовлетворяются для всех хозяйств (см. табл. II). Это и есть основа для обеспечения заданной продуктивности животных, а следовательно, и основа для выполнения плановых заданий по животноводческой продукции.

Чистый доход по всем хозяйствам системы по оптимальному плану равен 4,4 млн.руб. Наибольший общий чистый доход (2,2 млн. руб.) и в расчете на I га пашни (96,7 руб.) получает свеклосовхоз (см. табл. 8 и IС). Однако дополнительный чистый доход (ДЧД) на I га орошаемых земель в свеклосовхозе является наиболее низким. Это говорит о том, что в колхозах АОС имеется больше резервов в использовании орошаемых земель.

Это положение подтверждается также объективно обусловленными оценками по орошаемым землям (табл. I2). Так, если в свеклосовхозе оценка I га орошаемых земель равна 101 руб., то в колхозе имени Ленина - 117, а в колхозе "Путь к коммунизму" 304,6 рубля. Такая высокая оценка I га земли в колхозах объясняется, в частности, тем, что в них менее, чем в совхозе, дефицитны трудовые ресурсы. Это позволяет интенсивнее использовать землю, расширяя посевы под такой эффективной, но трудоемкой культурой, как сахарная свекла.

Сравнение полученного оптимального плана с соответствующими показателями планов на 1965 год, составленных в хозяйствах, показывает, что структура посевов на богарных и орошаемых землях в хозяйствах отличается от оптимальной как в силу указанных выше изменений в специализации хозяйств, так и по размещению культур на орошаемых землях. В плане хозяйств каждая культура планируется и на богарных, и на орошаемых землях, в то время как по оптимальному плану орошаются культуры, наиболее отзывчивые на орошение. При расчете экономической эффективности отдельных культур и способов орошения были взяты те же нормы, что и в оптимальном плане. Структура чистого дохода по культурам в каждом хозяйстве приведена в таблице I0.

В таблице I3 приведены основные показатели оптимальных планов и планов, составленных хозяйствами.

Т а б л и ц а 9

## Перераспределение плана государственных закупок

Хозяйства	Зерно, т		Картофель, т		Овощи, т		Свекла фабрич-ная, т.	
	гос. закуп <sup>*)</sup>	оп. план <sup>*)</sup>	гос. закуп	оп. план	гос. закуп	оп. план	гос. закуп	оп. план
Свекло-совхоз	13000	23899,5	2400	1785,9	3500	-	-	-
Колхоз имени Ленина	4200	4091,6	1000	1918,9	1700	5550	1500	4940,1
Колхоз "Путь к коммунизму"	7000	819,2	300	-	350	-	6000	30335,7
Итого:	24200	28810,3	3700	3700	5550	5550	7500	35275,8

\*) гос. закуп. — государственные закупки; оп. план — оптимальный план

Т а б л и ц а 10

## Планируемый чистый доход в хозяйствах АОС, тыс. рублей

Культуры	Свеклосовхоз		Колхоз имени Ленина		Колхоз "Путь к коммунизму"	
	1 по оптимальному плану	2 по плану, составленномухоз-вом	1	2	1	2
Зерновые в целом	184,2	137,7	-	15,1	-	4,6
Кукуруза на силос	65,8	32,4	-	11,5	-	-
Сахарная фабричная свекла : кормовая, семенная	17,7 140,8	9,2 103,0	67,5 -	23,6 3,1	305,5 5,0	165,5 -
Картофель	24,6	23,4	26,4	11,0	-	5,3
Овощи в среднем	-	17,5	231,0	62,5	-	6,9
Многолетние травы на сено	-	2,7	6,5	0,5	-	0,3
Всего:	433,0	326,0	331,2	126,8	310,0	182,7
ДЧД на 1 га ирригационно подготовленных земель, руб.	67,96	51,1	200,9	76,9	271,4	159,7

Таблица I I

БАЛАНС КОРМОВ ПО ХОЗЯЙСТВАМ А О С НА 1965 Г. (ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ПЛАНУ), Ц КОРМОВЫХ ЕДИНИЦ

		Сено	Солома	Концен- траты	Корне- плоды	Силос	Зеленый корм
Сельскохозяйс	Расход кормов по I-му варианту кормления кр. рогатого скота	6381,4	7933,4	17664,1	4933,3	73488,5	4593,5
	То же по 2-му варианту	554,5	441,3	1034,9	288,8	3763,2	782,5
	Расход кормов на поголовье кур	297,9	-	16456,5	611,3	-	761,2
	Общий расход	7233,8	8374,7	35155,6	5783,3	77252,0	6137,2
	Выход кормов с пашни	-	25157,8	35154,3	11285	77249,4	3565,6
	Выход кормов с естественных угодий	7234,1					24660,0
	Общий выход	7234,1	25157,8	35154,3	11285	77249,4	28225,6
	Баланс кормов	+ 0,3	+ 17783,1	- 1,2	+ 5501,7	- 2,6	+22088,4
Колхоз имени Ленина	Расход кормов по I-му варианту кормления кр. рогатого скота	1768,8	2046,2	4874,2	1264,9	20185,1	1256,2
	Расход кормов на поголовье кур	79,4	-	4388,4	163,0	-	203,0
	Расход кормов на поголовье овец	11936,0	-	8332,0	5,6	4907,0	16431,0
	Общий расход	13784,2	2046,2	17594,6	1433,5	25093,1	17890,2
	Выход кормов с пашни	9993,0	5138,5	17594,3	1434,0	25091,0	4680,0
	Выход кормов с естественных угодий	3846,5	-	-	-	-	13210,0
	Общий выход	13839,5	5139,5	17594,3	1434,0	25091,0	17890,0
	Баланс кормов	+ 55,3	+ 3092,3	- 0,3	+ 0,5	- 2,1	-0,2
Колхоз "Путь к коммунизму"	Расход кормов по 3-му варианту кормления кр. рогатого скота	6440,0	2452,0	9167,0	2548,0	27651,0	13486,0
	Расход кормов на поголовье кур	1119,2	-	6582,6	244,5	-	304,5
	Расход кормов на поголовье овец	20580	-	14365	10,0	8146,0	28330,0
	Общий расход	27119,2	2452,0	30114,6	2802,5	35797,0	42120,5
	Выход кормов с пашни	16774,7	3200,1	30114,9	2803,0	35796,0	23255,7
	Выход кормов с естественных угодий	10364,0					19872,0
	Общий выход	27138,7	3200,1	30114,9	2803,0	35796,0	43127,7
	Баланс кормов	+ 19,5	+ 748,1	+ 0,3	+ 0,5	- 1,0	1007,2

Т а б л и ц а 12

Объективно обусловленные оценки (о.о.о.)

а) общие:

чистый доход - I руб. - I; расход воды - I м<sup>3</sup>, - 0;

госзадания, I ц:

зерно - 0, картофель - 0,208, овцы - 2,06, свекле фабричная - 0, свеклосемена - 107,09.

б) по хозяйствам:

Наименование ресурса		Свеклосовхоз	Колхоз имени Ленина	Колхоз "Путь к коммунизму"
Земля I га	богарная	86,19	66,92	69,09
	орошаемая	100,91	117,69	30,50
Ресурсы труда, I чел/день		8,55	4,23	6,66
Дождеваль- ная тех- ника, I м/ч	ДДН-45	0	0	0
	ДДА-100М	0,744	0	0
Закупка техники, I м/ч		0,061	0	0
Корма, I ц кормовых единиц	сено	13,55	18,42	19,82
	солома	0	0	0
	концентраты	0	0	0
	корнеплоды	16,90	3,05	18,20
	силос	2,47	4,31	4,32
	зеленая масса	0	7,91	8,37
Поголовье крупного ро- гатого скота, I струн- турная корова		186,38	199,10	406,30



Т а б л и ц а 13

Сравнение показателей планов, составленных хозяйствами АОС, с их оптимальными планами на 1965 г.

Показатели	Свекло-совхоз	К-з им. Ленина	К-з "Путь к коммунизму"	Всего
Чистый доход по плану хозяйства, тыс.руб.	1860,5	623,8	1136,0	3620,3
Чистый доход по оптимальному плану, тыс. руб	2232,0	832,3	1322,2	4386,1
Превышение чистого дохода по оптимальному плану, тыс.рублей	371,5	208,5	186,1	765,8
Превышение чистого дохода по оптимальному плану, %	20	33,4	16,4	21,1
Чистый доход, полученный за счет орошения по плану хозяйства, тыс.руб.	325,9	126,8	182,7	635,4
Чистый доход, полученный за счет орошения в оптимальном плане, тыс.руб.	432,0	331,2	310,0	1074,2
Превышение чистого дохода за счет орошения по оптимальному плану, %	32,8	161,0	69,1	68,9

В целом по АОС чистый доход по оптимальному плану на 21,1% превышает соответствующий показатель плана, составленного хозяйствами; превышение ДЧД от орошения составляет 68,9%. В колхозе имени Ленина эти показатели наиболее высокие и составляют соответственно 33,4% и 161%. Это подтверждает наличие больших резервов повышения эффективности производства в данном хозяйстве.

Вообще говоря, план оптимальной организации орошаемого земледелия можно получить только вместе с оптимальным планом производства в целом, при условии высокого уровня агротехники также и на богаре. Если орошение выгоднее богарного земледелия, то при этом одновременно с максимумом чистого дохода получается максимальный дополнительный чистый доход. Решать задачу максимизации ЧД или ДЧД от орошения отдельно от планирования богарного земледелия можно лишь для небольших поливных участков хозяйства.

## Л и т е р а т у р а

1. Л.В.Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Изд. АН СССР, М., 1960.
2. Д.Т.Зузик. Экономика водного хозяйства. Сельхозгиз, М., 1959.
3. С.П.Сергеев. Памятка по основным вопросам орошения в Хакассии, Хакасское книжное изд., Абакан, 1958.
4. Рабочая схема использования водохозяйственных ресурсов бассейна реки Алей. ч.4, т.1, Новосибирск, 1955.
5. Е.В.Стругалева. Солевой режим почв АОС и некоторые пути его регулирования. Автореферат кандидатской диссертации. Иркутск, 1963 г.
6. В.Д.Коваль. Экономическая эффективность орошения. Труды Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, т.8, 1963.
7. Памятка поливальщика. Ростовское областное управление с/х 1960.
8. П.Я.Кравченко. Современная техника дождевания и перспективы ее использования на крупных массивах орошения. Труды Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, т.8, 1963.
9. Р.А.Звягина. Реализация на М-20 модифицированного симплексного метода для решения общей задачи линейного программирования. Оптимальное планирование, выпуск I, Новосибирск 1964 г.
10. В.А.Кардаш, В.Г.Прижинская. О стохастике задачи планирования орошаемого земледелия. (Данный сборник, стр.51-56 ).