

(г. Киев) при обеспеченности P 75% на 20%, а при 95% — на 43%. Это улучшает состояние водохозяйственного баланса бассейна, так как будут учтены значительные водные резервы.

Изложенный подход может быть применен в большинстве районов страны, где развивается орошение земель.

Л и т е р а т у р а

1. Алпатьев С.М., Остапчик В.П. Методика расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода для Европейской части СССР с применением ЭВМ. — Киев, 1973.
2. Голченко М.Г. Методика расчета проектного поливного режима сельскохозяйственных культур применительно к условиям БССР. — В сб. науч. тр. БСХА, Горки, 1973, т. 112.
3. Улучшение естественных кормовых угодий, создание и использование культурных пастбищ. Рекомендации. — Минск, 1972.
4. Сомов Н.В. Асинхронность и цикличность колебаний стока крупных рек СССР. Тр. ЦИП. М., 1963, вып. 117.

УДК 333.9 + 626.81

С.А. Шишкин

СОГЛАСОВАНИЕ ИРРИГАЦИОННОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ПРЕДЕЛАХ ОГРАНИЧЕННОГО ЧИСЛА ЛЕТ

Среди существующих приемов решения оптимизационной задачи определения параметров оросительной системы значительную группу представляют методы, основанные на использовании в качестве функции цели величины чистого дохода [1–6]. Эта функция многомерна, и для поиска экстремума требуется введение ряда ограничений (по водоземельным ресурсам, коэффициентам их использования, показателям фондоемкости, энергетическим затратам и т.д.) [7–10]. Существенно то, что ряд факторов функции цели зависит от площади оросительной системы. Временная изменчивость водных ресурсов и водопотребления обуславливает вариацию площадей гарантированного полива. Поэтому вначале устанавливается область существования площади оросительной системы. Определение расчетной обеспеченности системы является итогом технико-экономического обоснования.

Аналогичная ситуация возникает при формулировании функции цели в виде минимизируемых приведенных затрат [7,8,10,11] или штрафов [12].

При рассмотрении существующих методов решения оптимизационных задач в орошении обращает на себя внимание несогласованность учета факторов времени на разных уровнях. С одной стороны, оптимум функции цели устанавливается для условия неперевышения срока окупаемости. Водохозяйственные же расчеты этого ограничения не учитывают. В большинстве случаев обеспеченности стока и водопотребления устанавливаются

для произвольного многолетия, равного числу лет наблюдения. Используются генеральные совокупности, генерируемые методом Монте-Карло, или принимаются априорные величины гарантированной водоподачи с обеспеченностью стока 0,97 или 0,99 [4,6]. Но повторяемость непревышения, равная для этих обеспеченностей 33–100 годам, в 4–16 раз превышает нормативный срок окупаемости. За такой период коренным образом изменится комплекс социально-экономических и технологических факторов оросительных мелиораций (объемы финансирования, оросительная техника, сорта и культура севооборотов, агротехнические приемы, урожайность, производительность труда и т.п.).

И в методическом плане принятие в качестве начального условия фиксированной обеспеченности гарантированной подачи (например, на уровне 0,97 или 0,99) противоречит логике стохастики, поскольку при вероятностном характере величин стока и оросительных норм их обеспеченность также относится к случайным величинам.

Представляет практический интерес рассмотрение следующей задачи. Имеется местный водоисточник с ограниченными ресурсами. На его базе планируется создать внутрихозяйственную оросительную сеть. Потенциальная площадь земель, пригодных для орошения, превышает возможные площади орошения, что отвечает случаю условно-орошаемого характера оросительной системы. Незначительные размеры внутрихозяйственной системы (порядка сотен гектаров) и местных водных ресурсов позволяют не учитывать асинхронность, межрядную и внутрирядную корреляцию стока и суммарного испарения.

К числу оросительных систем, отвечающих этим условиям, относятся земельные поля и другие системы на сточных водах, системы на ограниченном отборе подземных вод, ряд систем на местном стоке (лиманские, с водозабором из прудов, наливных водоемов и копаней).

Требуется найти статистическую модель для определения средней площади неполитых земель в зависимости от продолжительности расчетного многолетия при условии, что оно не превышает нормативного срока окупаемости.

В i -тый год ($i = 1, 2, 3 \dots, T \leq T_H$) (T – расчетный период, T_H – нормативный срок окупаемости) при оросительной норме M_i в расчетный период и стоке или водоподаче Q_i в этот же период при коэффициенте использования стока γ может быть полита площадь

$$F_i = \gamma \frac{Q_i}{M_i} \quad (1)$$

Оросительная система запроектирована с размером площади

$$F_0 = \gamma \frac{Q_p}{M_s} \quad (2)$$

где p и s – искомые обеспеченности стока (водоподачи) и оросительной нормы. Причем для последней принята вероятность непревышения.

Для оросительных систем условно-орошаемого типа в m лет из T часть площади будет не полита, а в $T-m$ лет – окажется политой целиком. Соответственно имеем условие перебойности водоподачи:

$$\left. \begin{array}{l} Q_i = Q_{p_m} \\ M_i = M_{s_m} \end{array} \right\} \text{ при } \left. \begin{array}{l} Q_i < Q_p \\ M_i > M_s \end{array} \right\} \quad (3)$$

где $p_m > p$ и $s_m > s$ – обеспеченности для перебойных лет. Для периода гарантированной водоподачи (с учетом фиксированной площади системы)

$$\left. \begin{array}{l} Q_i = Q_p \\ M_i = M_s \end{array} \right\} \text{ при } \left. \begin{array}{l} Q_i \geq Q_p \\ M_i \leq M_s \end{array} \right\} \quad (4)$$

За расчетный период T лет средняя площадь политых земель определится из условия

$$F = \frac{\gamma}{T} \left(\sum_m^{T-m} \frac{Q_p}{M_s} + \sum_1^m \frac{Q_{p_m}}{M_{s_m}} \right). \quad (5)$$

С учетом того, что Q_p и M_s фиксированы, вместо (5) можно записать

$$F = \frac{\gamma}{T} \left[(T-m) \frac{Q_p}{M_s} + \sum_1^m \frac{Q_{p_m}}{M_{s_m}} \right]. \quad (6)$$

Разность (2) и (6) представляет собой среднюю за T -летие площадь неполитых земель:

$$F_d = F_o - F = \gamma \left\{ \frac{Q_p}{M_s} - \frac{1}{T} \left[(T-m) \frac{Q_p}{M_s} + \sum_1^m \frac{Q_{p_m}}{M_{s_m}} \right] \right\}. \quad (7)$$

После перехода к относительной площади неполитых земель и модульным коэффициентам стока K_p и оросительной нормы K_s окончательно имеем

$$f = \frac{F_o - F}{F_o} = \frac{1}{T} \left(m - \frac{K_s}{K_p} \sum_1^m \frac{K_{p_m}}{K_{s_m}} \right). \quad (8)$$

Функция неполивной площади (8) в явном виде учитывает статистические параметры распределений стока и оросительных норм через их модульные коэффициенты и число перебойных лет m за рассматриваемый расчетный период — T лет. Это позволяет исследовать характер изменения площади поливных земель, варьируя продолжительность расчетного периода в интервале от одного-двух лет до нормативного срока окупаемости или ограничивая его периодом физического срока службы поливного оборудования, перехода на другие севообороты и т.д.

Для решения (8) необходимо установить способ определения расчетных значений модульных коэффициентов стока и оросительных норм. Здесь имеются две задачи. Первая касается методики определения параметров кривых обеспеченности. Она состоит в расчете коэффициентов вариации и асимметрии обычными методами математической статистики или специальными приемами, известными в гидрологии (сток) и гидро-мелиорации (оросительная норма).

Вторая задача состоит в установлении значений обеспеченностей p и s , в том числе и для гарантированных условий орошения.

В работе [13] было показано, что это решение в первом приближении может быть получено на основе локальной теоремы Лапласа. В результате расчетов и анализа была получена двухпараметрическая зависимость $p = f(m, T)$ (рис. 1), позволяющая искать решения функционалов вида $p = f(m, T)$ и $m = \varphi(p, T)$.

Анализ рекуррентной функции (8) нагляднее сделать для частных случаев сочетаний гидролого-климатических и водохозяйственных условий.

При орошении на незарегулированном речном стоке следует учесть различия в поведении кривых обеспеченностей оросительных норм в разных климатических зонах. В аридных районах осадки вегетационного периода весьма малы по сравнению с оросительной нормой. Здесь низка изменчивость оросительной нормы [6], обычно порядка $C_{\sqrt{}} \approx 0,10$, поэтому приближенно можно принять, что при $0,50 < s < 0,95$ $K_s \approx K_{s_m}$. Это приводит (8) к виду

$$f = \frac{1}{T} \left(m - \frac{1}{K_p} \sum_{1}^m K_{p_m} \right). \quad (9)$$

Расчеты по (9) для периода $T = 8$ лет для распространенного случая $C_{\sqrt{}} =$

$2C_{\sqrt{}}$ приведены в табл. 1. Определение p_m произведено по графику, представленному на рис. 1.

В этой же таблице даются расчеты неполивной площади оросительной системы в гумидной зоне при орошении сточными или подземными водами. Для этого случая можно пренебречь изменчивостью водоподачи. Действительно, относительное постоянство интенсивности технологических

Т а б л. 1. Средняя многолетняя площадь неполивных земель, %

Параметр	Значение при числе перебойных лет						
	0	1	2	3	4	5	6
Аридная зона							
P_m	0,935	0,915	0,775	0,645	0,495	0,355	0,260
$C_v = 0,30$	0,0	0,6	5,3	8,9	12,9	18,9	22,8
$C_v = 0,50$	0,0	0,9	8,5	12,7	21,8	25,8	34,6
Гумидная зона (орошение на сточных и подземных водах)							
S_m	0,065	0,085	0,225	0,355	0,505	0,635	0,740
$C_v = 0,30$	0,0	0,9	6,4	9,8	14,1	19,0	24,2
$C_v = 0,50$	0,0	1,4	7,0	10,9	17,4	21,2	33,9

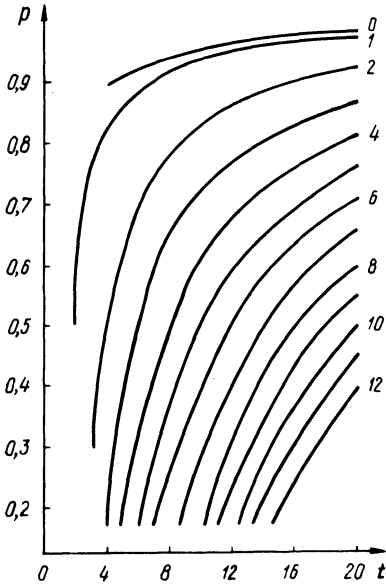


Рис. 1. Зависимость наиболее вероятных значений обеспеченности от продолжительности расчетного T-летия и числа перебойных лет (цифры у кривых).

процессов и наличие буферных емкостей на станции очистки приводит к незначительной изменчивости расхода сточных вод. Мало меняются во времени и дебиты скважин. Тогда $C_{\sqrt{r}} \approx 0$ и $K_p \approx 1$, что приводит (8) к виду

$$f = \frac{1}{T} \left(m - K_s \sum_1^m \frac{1}{K_{s_m}} \right). \quad (10)$$

При расчете по (10) s есть вероятность превышения, определяемая из условия $s = 1 - p$.

Из анализа табл. 1 следует, что площадь неполитых земель возрастает с ростом числа перебойных лет и с увеличением коэффициента вариации стока или водопотребления. При обеспеченностях больше 65–70% и перебоях подачи воды в 25–37% рассматриваемого числа лет эта площадь растет относительно медленно и не превышает 10% от проектной площади системы. Увеличение числа перебойных лет более 50% приводит к заметному росту площадей неполитых земель, которые могут достигать 25–30%.

Следует указать на то, что уравнение (10) позволяет также исследовать поведение размеров неполитых площадей для стационарных систем с водозабором из крупных рек, когда водоподача существенно меньше расходов реки в межень.

Большой практический интерес представляет исследование функционала (8) в общем виде. Но пока этому препятствует отсутствие надежной методики определения сопряженных значений вероятностей p и s [14]. Известны попытки использования регрессионного анализа. Однако он не дал практически приемлемых результатов.

При современном состоянии изученности вопроса решение поставленной задачи для варьирующих рядов стока оросительных норм можно найти на основе n -летнего статистического ряда величин орошаемой площади. С учетом (1) и (2) выражения (7) и (8) непосредственно приводят к уравнению

$$f = \frac{1}{T} \left(m - \frac{1}{K_p^F} \sum_1^m K_{p_m}^F \right), \quad (11)$$

где K_p^F — модульный коэффициент площади орошения обеспеченностью p . Правомерность такого подхода подтверждается тем, что он нашел применение в нормативных документах [15].

Л и т е р а т у р а

1. Г л е й з е р Б.А. К методике определения основных параметров оросительных систем в зоне неустойчивого увлажнения. — Гидротехника и мелиорация, 1974, № 9.
2. П л у ж н и к о в В.Н. К выбору расчетной обеспеченности по регулированию водного режима почв. — В сб.: Водное хозяйст-

во Белоруссии. Минск, 1965. 3. Соломоныя О.Г. Основы проектирования оптимальной ирригационной системы методами математического программирования. Автореф. докт. дис. — М., 1968. 4. Трофимов В.В. К вопросу определения оросительной способности незарегулированных рек. — Гидротехника и мелиорация, 1952, № 5. 5. Чернявский В.С. Некоторые задачи оптимизации ирригационных систем. Автореф. канд. дис. — М., 1969. 6. Шавва Қ.И. Определение оптимальных вариантов водохозяйственных объектов и рациональных схем использования водных ресурсов. — Фрунзе, 1972. 7. Богаченко И.В. Методические вопросы взаимосвязи показателей сравнительной и абсолютной эффективности при оптимизации технико-экономических решений в гидростроительстве. — Тр. координац. совещ. по гидротехнике. Л., 1974, вып. 88. 8. Инструкция (методика) по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ. — М., 1972. 9. Коваленко Б.Г., Мереинов В.З., Загородный В.М. К созданию экономико-математической модели оросительной системы. — Тр. КиргНИИВХ. Фрунзе, 1972, вып. 28. 10. Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель в нечерноземной зоне. — Минск, 1974. 11. Халбаева Р.А. Совершенствование планирования водопользования и водораспределения. — Ташкент, 1975. 12. Мереинов В.З., Коваленко Б.Г. Расчеты водораспределения и оперативного управления оросительной системой. — Тр. КиргНИИВХ. Фрунзе, 1972, вып. 28. 13. Шшокин С.А. К расчету дефицита незарегулированного стока и площади неполитых земель. — В сб.: Мелиорация, гидротехника и водоснабжение. — Горки, 1975, вып. 3. 14. Голченко М.Г., Стельмах Е.А. Методические рекомендации по определению расчетной обеспеченности орошения в Белоруссии. — Горки, 1978. 15. Инструкция по проектированию лиманного орошения. ВСН II-24-75. — М., 1975.

УДК 551.48

Г.Н. Молчан, А.В. Клебанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК ПОЛЕСЬЯ

Согласно действующим нормам [1,2], расчетные гидрографы половодий строятся по равнообеспеченным значениям объемов и максимальных расходов. Продолжительность половодья, соответствующая этим гидрографам, является основным элементом весеннего стока при его регулировании с целью обеспечения уровня режима в водоприемнике, определяющего площадь и длительность затопления и подтопления земель. Поэтому возникает задача нахождения расчетной продолжительности весеннего половодья дифференцированно, в зависимости от различной водности весны, т.е. от сочетания максимального расхода Q и слоя стока h . Для рек равнинных районов, изученных и не изученных в гидрологическом отношении, можно использовать предлагаемый в данной работе метод, апробированный на 5 речных водосборах, расположенных на левобережье р. При-