

УДК 63:551.557

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ АККУМУЛЯЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Н. Л. ЛАТИФОВ

(Кафедра луговодства)

В статье описывается расчетный метод определения коэффициентов аккумуляции атмосферных осадков как отношение дефицита влаги в почве перед осадками к сумме (разовых суточных или декадных) атмосферных осадков. Метод является простым и точным и может быть использован в практике. Приводится графический метод определения сроков и норм полива сельскохозяйственных культур.

Одной из важных проблем в орошаемом земледелии является контроль за динамикой влажности почв. Знание о динамике влажности почв в естественных условиях прежде всего необходимо для определения режимов орошения сельскохозяйственных культур и в конечном итоге — для прогнозирования урожая.

В связи с тем что метеорологические условия часто меняются как во времени, так и в пространстве, возникают трудности, связанные с определением этих изменений, в частности изменений запасов влаги в

почве. Существующие методы определения влажности почвы (инструментальные контактные, бесконтактные) очень трудоемки, требуют определенных знаний, соответствующих приборов, оборудования и поэтому весьма дорогостоящи.

Ввиду разнообразия типов почв, их свойств, рельефа местности, произрастающей на них растительности контроль за влажностью почв остается недостижимой задачей в практике из-за невозможности учета пространственной изменчивости влажности и агрогидрологических свойств почв, отсутствия обоснованных критериев оценки влагообеспеченности с точки зрения потребности сельскохозяйственных культур, тем более что погрешность определения запасов влаги не должна превышать 10 мм для верхнего метрового слоя почвы.

Известно, что водно-физические свойства почв меняются во времени. Если учесть, что предельно полевая влагоемкость $W_{ппв}$ меняется в течение вегетационного периода незначительно, то для практических целей ею можно пренебречь, тогда как запасы влаги в почве W_{ϕ} меняются во времени в большом диапазоне.

На динамику запасов влаги в почве влияют атмосферные осадки, подпитывание грунтовыми водами (в большей степени, если зеркало грунтовых вод расположено близко к световой поверхности почвы), интенсивность испарения (зависящая не только от температуры воздуха, но и относительной влажности воздуха), наличия и скорости ветра, а также от типа почвы, состояния ее поверхности, густоты и стадии развития растительности.

Разовые осадки часто достигают значительных величин. В 10 % лет в Московской области максимальные суточные осадки составляют в среднем 35—36 мм, а абсолютное наибольшее суточное количество осадков в Москве и области — 66 мм (июль 1953 г.). В Киеве и области максимальная суточная сумма осадков в 1902 и 1936 гг. превышала 100 мм; в Батуми и в окрестностях она превышает иногда 260 мм.

С увеличением разовых атмосферных осадков доля их, аккумулировавшаяся в почве, уменьшается. Известно, что атмосферные осадки частично теряются на сток (тем больше, чем круче рельеф, плотнее верхний слой почвы и чем интенсивнее выпадают осадки), на испарение до впитывания их в почву (тем больше, чем выше температура воздуха, скорость ветра, больше облиственность растений, меньше относительная влажность воздуха и меньше интенсивность осадков), на фильтрацию (тем больше, чем меньше плотность почвы и выше насыщенность верхних слоев почвы водой). Поэтому ошибочно считать все выпавшие атмосферные осадки как приходную часть водного баланса корнеобитаемого слоя почвы. Тем более еще А. А. Измайльский [7] указывал, что «...важно не общее количество атмосферных осадков в данной местности, а лишь то количество их, которое успевает всосаться в почву, так сказать полезная часть атмосферных осадков».

Анализ динамики фактических запасов влаги в расчетном слое почвы необходим для установления оптимальных сроков и норм полива сельскохозяйственных культур. При использовании расчетных методов определения этого показателя возникает необходимость учета в приходной части водного баланса количества атмосферных осадков, аккумулировавшихся в почве за предыдущий период.

Вопросам использования растениями атмосферных осадков посвятили свои работы многие исследователи [1—8 и др.]. Рекомендованные методы для агроклиматической оценки влагообеспеченности вегетационного периода в виде различных коэффициентов увлажнения основаны на том, что влагообеспеченность находится в прямой зависимости от количества осадков и в обратной — от испаряемости. Недостатком большинства из этих методов является то, что осадки учитываются в целом за год, за зимний или летний периоды, хотя использование их растениями неодинаково не только во времени, но и в пространстве. Рекомендованные как константы коэффициенты полез-

но используемых осадков для теплого периода года не учитывают специфические почвенно-климатические особенности различных регионов страны. Поэтому определение количества полезных осадков с использованием этих констант часто приводит к завышению или занижению фактического количества впитавшихся атмосферных осадков в почву, что, в свою очередь, способствует увеличению погрешности при определении сроков и норм поливов. Следовательно, возникает необходимость определения количества аккумулировавшихся в почве атмосферных осадков в динамике в течение всего периода вегетации сельскохозяйственных культур.

Предлагаемый нами метод значительно снижает величину погрешности при определении количества полезно используемых атмосферных осадков. При единичных, т. е. разовых, определениях погрешность находится в пределах, обусловленных погрешностью определений исходных данных — запасов влаги в расчетном слое почвы и количества выпавших осадков, что позволяет получать объективные данные влагообеспеченности возделываемых сельскохозяйственных культур.

За критерий влагообеспеченности сельскохозяйственных культур нами взят коэффициент влагообеспеченности $K_в$ как отношение фактического суммарного водопотребления ΣW_{ϕ} (фактические суммарные запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы за весь период вегетации культуры, использованные растениями) к оптимальному водопотреблению $W_{он}$ (количество влаги, обеспечивающее потребность данной культуры для получения максимального урожая).

$$K_в = \Sigma W_{\phi} / W_{он}. \quad (1)$$

При периодических определениях коэффициентов влагообеспеченности $K_в$ (конец декады, по фазам развития растений) количество запасов влаги, обеспечивающее потребность культуры, приравнивается к запасам влаги активного слоя почвы при предельной полевой влагоемкости $W_{ппв}$. Тогда

$$K_в = W_{\phi_1} / W_{ппв}, \quad (2)$$

где W_{ϕ_1} — запасы влаги в активном слое почвы на дату определения.

Для определения количества аккумулировавшихся разовых атмосферных осадков в расчетном слое почвы, а также определения коэффициента полезно используемых осадков необходимо знать по декадам вегетации сельскохозяйственных культур исходные глубину активного слоя почвы; предельную полевую влагоемкость почвы; исходные запасы влаги в данном слое почвы; сумму разовых атмосферных осадков; дефицит влаги в активном слое почвы Δd перед осадками; сумму дефицитов влажности воздуха ΣD , мб; глубину расположения зеркала грунтовых вод; коэффициент использования грунтовых вод.

Глубина активного слоя почвы берется исходя из глубины проникновения основной массы корней сельскохозяйственных культур, где наиболее активно идет водообмен между слоями почвы.

Запасы влаги при предельной полевой влагоемкости и фактические запасы влаги в активном слое почвы (перед осадками, на конец декады месяца, вегетации) определяются по общепринятой методике по формуле

$$W = 100h\alpha\gamma, \quad (3)$$

где h — активный слой почвы; м; α и γ — его плотность, г/см³; и влажность (при предельной полевой влагоемкости $W_{ппв}$), % к сухой массе почвы.

Фактические запасы влаги в активном слое почвы в начале вегетации W_{ϕ_0} определяются экспериментально или берутся средние многолетние данные по запасам влаги в почве на данную дату в близко расположенных соответствующих научно-исследовательских учреждениях.

Для практических целей удобно пользоваться декадными данными.

Фактические запасы влаги на конец каждой декады вегетации можно найти из уравнения

$$W_{\phi_n} = W_{\phi_0} + \Sigma O + \Sigma W_z - \Sigma E_t - \Sigma O_n, \quad (4)$$

где W_{ϕ_n} — фактические запасы влаги в активном слое почвы в конце декады месяца или вегетации, мм; W_{ϕ_0} — запасы влаги в активном слое почвы в начале исследуемого периода, мм; ΣO — атмосферные осадки, мм; ΣW_z — количество грунтовых вод, подпитавшихся в активный слой почвы, мм; ΣE_t — суммарный расход воды из активного слоя почвы за предыдущий период (декаду), мм; ΣO_n — потери атмосферных осадков на сток, мм.

Потери атмосферных осадков на сток определяются по разности

$$\Sigma O_n = \Sigma O - \Delta d. \quad (5)$$

Фактическое суммарное водопотребление культуры ΣE_t устанавливается водно-балансовым методом (в данном случае по упрощенной формуле)

$$\Sigma E_t = \Sigma W_{\phi} = W_{\phi_0} - W_{\phi_n} + \Sigma W_z + \Sigma O - \Sigma O_n, \quad (6)$$

где W_{ϕ_n} — запасы влаги в активном слое почвы в конце вегетации, мм.

Суммарное водопотребление культуры можно определить и расчетным путем. В последнее время для этой цели чаще всего используют биоклиматический метод, разработанный А. М. Алпатьевым [2]. Суммарное водопотребление культуры определяется по формуле

$$\Sigma E_t = K_6 \Sigma D, \quad (7)$$

где ΣE_t — суммарное водопотребление, мм; K_6 — коэффициент суммарного водопотребления (или коэффициент биологической кривой), отражающий биологические особенности данной культуры (K_6 колеблется чаще всего в пределах 0,6—0,7); ΣD — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб.

Согласно [2], дефицит влажности воздуха как производное от температуры и влажности воздуха является комплексным показателем условий испарения и поэтому находится в наиболее тесной корреляционной связи с испарением. Коэффициенты суммарного испарения обычно устанавливают экспериментально для каждой культуры в определенных почвенно-климатических условиях или же пользуются данными близко расположенных соответствующих научно-исследовательских учреждений.

При водно-балансовых расчетах необходимо учитывать подпитывание и использование грунтовых вод корневой системой сельскохозяйственных культур. Коэффициенты капиллярного использования грунтовых вод при разных глубинах залегания их и толщина активного слоя почвы приводятся в справочнике [8]. Возможное капиллярное использование грунтовых вод корневой системой растений определяется по формуле

$$\Sigma W_z = \Sigma E_t \cdot K_2, \quad (8)$$

где ΣW_z — количество используемых грунтовых вод за расчетный период, мм; ΣE_t — суммарное водопотребление за расчетный период, мм; K_2 — коэффициент капиллярного подпитывания, выраженный в долях суммарного водопотребления [8]. В случаях высокой минерализации грунтовых вод коэффициенты K_2 следует уменьшить в 1,5—2,0 раза.

Дефицит влаги в активном слое почвы Δd выражается разностью между запасами влаги в почве при предельной полевой влагоемкости $W_{ппв}$ и фактическими запасами влаги в данном слое почвы W_{ϕ_n} в момент определения

$$\Delta d = W_{ппв} - W_{\phi_n}, \text{ мм.} \quad (9)$$

Зная величину дефицита влаги в активном слое почвы и количество выпавших атмосферных осадков, можно определить количество (долю) аккумулярировавшихся в исследуемом слое почвы атмосферных осадков. Если величина дефицита влаги в активном слое почвы больше чем количество выпавших осадков, то количество полезных (аккумулярировавшихся) осадков $\Sigma O_{по}$ равно количеству выпавших осадков ΣO , т. е. при $\Delta d \geq \Sigma O \Sigma O_{по} = 0$.

Если величина Δd меньше количества ΣO , то $\Sigma O_{по} = \Delta d$, т. е. при $\Delta d \leq \Sigma O \Sigma O_{по} = \Delta d$.

Коэффициент аккумуляции атмосферных осадков $K_{но}$ определяется как отношение дефицита влаги Δd в исследуемом слое почвы к сумме выпавших атмосферных осадков ΣO .

$$K_{но} = \Delta d / \Sigma O. \quad (10)$$

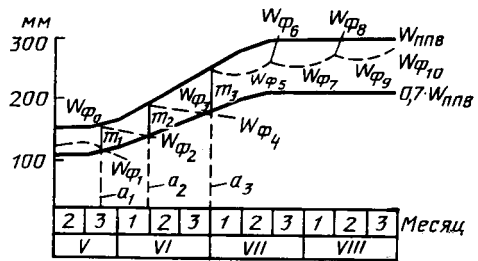
Определение сроков и норм полива сельскохозяйственных культур графическим методом. Для определения сроков и норм полива сельскохозяйственных культур графическим методом прежде всего необходимо рассчитать запасы влаги по формуле (3) в активном слое почвы с учетом динамики нарастания активного слоя почвы, связанной с ростом корневой системы растений, при верхней ($W_{ппв}$) и нижней ($0,7W_{ппв}$) границах оптимальной влажности почвы для исследуемой сельскохозяйственной культуры (таблица). Полученные данные наносятся на график (рисунок). График строится на миллиметровой бумаге. По оси абсцисс откладываются дни вегетации в масштабе 1 день : 1 мм. По оси ординат откладываются данные о запасах влаги в активном слое почвы в масштабе 1 мм : 1 мм.

С изменением мощности активного слоя почвы, связанной с ростом корневой системы растений, меняется и запас влаги в данном слое почвы W_{ϕ_n} .

Известно, что в орошаемом земледелии, т. е. при поддержании определенной влажности в активном слое почвы, влажность нижележащих слоев почвы не подвергается существенным изменениям. Поэтому при подсчетах запасов влаги в последних с целью установления исходных запасов влаги на конец каждой декады вегетации следует использовать данные, полученные при определении запасов влаги при полной полевой влагоемкости.

Приход влаги за счет наращивания активного слоя почвы вычисляются по всем последующим декадам вегетации сельскохозяйственной культуры (таблица). По каждой декаде подсчитывается баланс воды W_{ϕ_n} в расчетном слое почвы на конец декады. Для этого из исходного запаса влаги W_{ϕ_0} активного слоя почвы на начало декады после прибавления к ним прихода ΣO ; ΣW_2 вычитается декадный расход воды ΣE_t . Полученные декадные значения W_{ϕ_n} последовательно наносятся на график до тех пор, пока кривая W_{ϕ_n} не пересечет кривую $0,7W_{ппв}$. Если из точки пересечения этих кривых опустить перпендикуляр к оси абсцисс, место их пересечения укажет дату полива, а его норма m будет равна:

$$m = W_{ппв} - 0,7W_{ппв}. \quad (11)$$



Графический метод определения сроков и норм полива.

m_1, m_2 — нормы полива; $W_{ппв}$ — запасы влаги в активном слое почвы при предельной влагоемкости; $0,7 \cdot W_{ппв}$ — то же при нижней границе оптимальной влагоемкости; W_{ϕ} — запасы влаги в слое почвы 0—50 см в начале вегетации (W_{ϕ_0}) и в конце каждой декады вегетации ($W_{\phi_{1-n}}$) и в конце каждой декады вегетации ($W_{\phi_{1-n}}$) a — перпендикуляры, опущенные из точек пересечения линий W_{ϕ} и $0,7 \cdot W_{ппв}$ на ось абсцисс, указывают дату полива.

Исходные данные для графического метода определения сроков и норм полива

Месяц	День	h , см	$W_{\text{ППВ}}$	$0,7W_{\text{ППВ}}$	W_{ϕ_0}	ΣO , мм	ΣW_{Σ} , мм	$h_{\Sigma\Sigma}$
Май	10—20	0—50	146	102	116,0	19	1,2	2,0
	21—31	0—50	146	102	117,7	20	2,2	2,0
Июнь	1—10	0—55	160	112	115,5	20	2,2	2,0
	11—20	0,65	190	133	128,5	19	1,1	2,2
Июль	21—30	0—75	219	153	159,0	20	1,3	2,5
	1—10	0—85	248	174	186,5	28	1,2	2,7
Август	11—20	0—95	277	194	224,2	32	2,1	2,9
	21—31	0—100	292	204	237,6	23	0,9	3,0
	1—10	0—100	292	204	246,2	26	1,0	3,0
	11—20	0—100	292	204	255,2	19	1,1	3,0
	21—31	0—100	292	204	256,9	35	1,1	3,0

Продолжение

Месяц	День	ΣW_n	K_6	ΣD , мб	ΣE_t	$W_{\kappa} = W_{\phi}$	Δd , мм	$K_{\text{по}}$
Май	10—20	136,2	0,37	50	18,5	117,7	28,3	1,0
	21—31	139,9	0,71	55	39,0	100,9	45,1	1,0
Июнь	1—10	137,7	0,85	45	38,2	99,5	60,2	1,0
	11—20	148,8	0,95	20	19,0	129,8	60,2	1,0
Июль	21—30	180,3	0,96	24	23,0	157,3	61,7	1,0
	1—10	215,7	0,69	30	20,7	195,0	53,0	1,0
Август	11—20	258,3	0,86	41	35,3	223,0	54,0	1,0
	21—31	261,5	0,51	30	15,3	246,2	45,8	1,0
	1—10	273,2	0,50	36	18,0	255,2	36,8	1,0
	11—20	275,3	0,68	27	18,4	256,9	35,1	1,0
	21—31	293,0	0,61	30	18,3	274,7	17,3	0,49

где значения $W_{\text{ППВ}}$ и $0,7W_{\text{ППВ}}$ берутся на день полива.

Корреляционная связь между суммарным водопотреблением кукурузы, определенным в лизиметрах и расчетным путем с использованием коэффициентов аккумуляции атмосферных осадков, в активном слое почвы достаточно высокая ($r=0,95$).

ЛИТЕРАТУРА

- Алпатыев А. М. Рациональное использование осадков — основа преодоления засухи. Агроклиматические условия степи УССР и пути их улучшения. — Киев: Изд-во АН УССР, 1950. — 2. Алпатыев А. М. Влагооборот культурных растений. — Л.: Гидрометеиздат, 1954. — 3. Абрамова М. М. К вопросу об эффективности летних осадков в условиях засушливого климата. — Почвоведение, № 9, 1962, с. 44—53. — 4. Большаков А. Ф. Водный режим мощных черноземов среднерусской возвышенности. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 5. Герцык В. В. Некоторые данные о роли осадков вегетационного периода в пополнении запаса влаги в почве. — Тр. Центр.-Черноземного гос. заповедника им. проф. В. В. Алексина, 1957, вып. IV, с. 73—85. — 6. Грибкова Н. Г. Повышение урожайности путем эффективного использования осадков. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. — 7. Измаильский А. А. Влажность почвы и грунтовая вода. — Полтава, 1894. — 8. Справочник гидротехника. — Алма-Ата: Кайнар, 1972. — 9. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. — Л.: Гидрометеиздат, 1969.

Статья поступила 18 января 1989 г.

SUMMARY

Simple and accurate method of calculation for finding coefficients of rainfall accumulation as ratio of soil moisture deficiency before rainfall to the sum of one-time, daily and decade rainfall is described in the paper. A graphical method for determining dates and rates of irrigating the farm crops is presented.