

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ СССР

ОРДЕНА ЛЕНИНА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР СССР

Л. А. РАЗУМОВА, Н. Б. МЕЩАНИНОВА

СОСТАВЛЕНИЕ
АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
РАСЧЕТОВ И ПРОГНОЗОВ
ОПТИМАЛЬНЫХ СРОКОВ И НОРМ
ПОЛИВА КУКУРУЗЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ



ЛЕНИНГРАД
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
1978

СНХХХХХ

УДК 551.509 : 631.6 : 626.8 + 548 : 633.15

*Одобрено
Центральной методической комиссией
по гидрометеорологическим прогнозам
21 апреля 1976 г.*

Р 40401-118
069(02)-78 Без объявл.

© Государственный комитет
гидрометеорологии и контроля
природной среды СССР, 1978 г.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с решением проблемы увеличения производства зерна в настоящее время большое внимание уделяется возделыванию зерновых культур на орошаемых землях. В постановлениях XXV съезда КПСС и Пленумов ЦК КПСС подчеркнута необходимость более широкого использования орошаемых земель для увеличения производства зерна. В этих целях создаются новые крупные районы поливного земледелия в Поволжье, на Северном Кавказе, на Украине, в Молдавии, в Западном Казахстане. Здесь будут сосредоточены основные массивы товарных посевов зерновых культур на орошаемых землях, главным образом пшеницы, кукурузы и риса. По данным ЦСУ, площади орошаемых зерновых культур в Советском Союзе составили в 1975 г. около 2,9 млн. га (примерно 29% общей площади орошаемых земель). В ближайшие годы они будут увеличиваться. На урожай орошаемых культур наряду с другими факторами особенно сильное влияние оказывают агрометеорологические условия. Поэтому большое практическое значение имеет правильность их учета при назначении сроков и норм полива, особенно в районах неустойчивого выпадения осадков, к которым относятся новые районы орошения.

Основной особенностью климата этих районов, кроме общей недостаточности осадков, является крайняя неравномерность выпадения их по годам. Так, например, за период вегетации яровой пшеницы (посев — восковая спелость) в отдельные годы (10% лет) в степных районах осадки могут быть меньше 50 мм и больше 200 мм (при многолетнем среднем их количестве 110 мм); в сухостепных районах — меньше 20 мм и больше 160 мм (при многолетнем среднем 80 мм); в лесостепных районах — меньше 80 мм и больше 250 мм (при многолетнем среднем 160 мм).

Таблица 1

Сумма осадков (мм) различной вероятности за период вегетации яровых

Зона	Средняя много- летняя сумма	Вероятность, %				
		10	20	50	80	90
Яровая пшеница						
Сухостепная	80	160	130	80	40	20
Степная	110	200	160	120	170	50
Лесостепная	160	250	210	160	120	80
Предгорная	240	340	290	240	170	150
Кукуруза						
Сухостепная	120	200	180	120	50	30
Степная	140	240	210	150	80	60
Лесостепная	210	300	270	200	130	100
Предгорная	320	420	400	280	240	190

Большой изменчивостью по годам (в 10% лет) характеризуется и количество осадков, выпадающих за период вегетации кукурузы: в степной зоне они бывают меньше 60 мм и больше 240 мм (при многолетнем среднем их количестве 140 мм); в сухостепной зоне — меньше 30 мм и больше 200 мм (при многолетнем среднем 120 мм); в лесостепных районах — меньше 100 мм и больше 300 мм (при многолетнем среднем 210 мм); в предгорных районах — меньше 190 мм и больше 420 мм (при многолетнем среднем 320 мм, табл. 1).

Большая изменчивость по годам характера также для теплового режима и запасов влаги в почве к началу сева и в период роста посевов.

Эти крайне резкие колебания метеорологических условий и увлажнения сельскохозяйственных культур по годам обуславливают необходимость приспособления к ним поливных режимов. В противном случае и при орошении трудно добиться получения из года в год устойчиво высоких урожаев и избежать засоления почв. Возникает необходимость установления закономерностей скорости расходования воды с орошаемых полей и формирования урожаев орошаемых культур при различных условиях погоды, увлажнении почвы и состоянии посевов.

ОСОБЕННОСТИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОРОШЕНИИ

Многолетние полевые исследования, проведенные Гидрометцентром СССР в Заволжье (Оренбургская степь), на Северном Кавказе (Ростовская область, Багаевско-Садковская оросительная система) и в Западной Сибири (Кулундинская степь), показали, что благодаря наличию больших запасов влаги в почве и мощному растительному покрову агрометеорологические условия произрастания орошаемых зерновых культур намного благоприятнее, чем условия роста и развития неорошаемых культур. Они имеют ряд характерных особенностей.

1. При глубоком стоянии грунтовых вод пространственная изменчивость влажности почвы на орошаемых полях значительно больше, чем на неорошаемых. Причем она не постоянна во времени и зависит от способов полива: при поливе по бороздам она больше, чем при дождевании, и больше после полива, чем до полива. Например, для определения запасов продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см с точностью ± 15 мм при 80%-ной вероятности на полях, орошаемых по бороздам, в отдельные сроки наблюдений до поливов требуется бурить от 4 до 11 скважин, в то время как после поливов — от 8 до 34 (табл. 2);

Таблица 2

Количество скважин, обеспечивающее ту или иную точность определения запасов продуктивной влаги на орошаемых полях

Время определения	Полив по бороздам					Дождевание				
	точность определения запасов влаги (мм)									
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30

В слое почвы 0—50 см

До полива	3—8	3—5	2—4	2—3	2—3	2—4	1—3	1—2		
После полива	8—23	5—11	4—7	4—6	3—4	2—9	1—5	1—4	1—3	

В слое почвы 0—100 см

До полива	9—57	4—11	3—7	2—6	2—5	4—10	3—6	2—4	2—3	2—3
После полива	15—72	8—34	6—21	4—18	3—10	6—14	4—8	3—5	2—4	2—3

на полях, орошаемых дождеванием, количество скважин соответственно составляет от 3 до 6 перед поливом и от 4 до 8 после полива.

Для обеспечения измерения запасов влаги с точностью ± 30 мм на полях, орошаемых по бороздам, перед поливом в отдельные сроки требуется пробурить от 2 до 5, после поливов — от 3 до 10 скважин. На полях, орошаемых дождеванием, можно ограничиться бурением 2—3 скважин (табл. 2). В целом можно сказать, что для обеспечения одной и той же степени точности повторность определения запасов влаги в почве на орошаемых полях должна быть при поливе дождеванием примерно в 1,5, при поливе по бороздам в 2—3 раза больше, чем на неорошаемых. Это следует из данных табл. 3, где приведена точность определения запасов продуктивной влаги в слоях почвы 0—50 и 0—100 см при разной повторности бурения.

Таблица 3

Точность определения запасов продуктивной влаги (мм) с 80%-ной вероятностью при различной повторности бурения (средняя за период вегетации)

Поле	Количество скважин				
	6	5	4	3	2
В слое почвы 0—50 см					
Орошаемое по бороздам	11	13	15	18	45
Орошаемое дождеванием	4	4,5	5	6	11
Неорошаемое	2,5	3,0	3,5	5	8
В слое почвы 0—100 см					
Орошаемое по бороздам	21	25	30	34	89
Орошаемое дождеванием	10	13	15	16	46
Неорошаемое	8	9	10	12	33

Как видно из данных табл. 3, при четырехкратной повторности, которая практикуется в настоящее время как на неорошаемых, так и на орошаемых полях, точность определения влагозапасов в слое почвы 0—100 см составляет 15 мм на полях, орошаемых дождеванием, 10 мм на неорошаемых полях и 30 мм на полях, орошаемых по бороздам. Соответствующие показатели в слое 0—50 см варьируют от 3,5 до 15 мм.

Неравномерность увлажнения почвы после поливов сильно отражается на равномерности состояния посевов и на размерах урожаев орошаемых культур на отдельных частях занимаемого ими поля (табл. 4). Например, при поливе

Таблица 4

Пространственная изменчивость влажности почвы и урожаев кукурузы ВИР-156 при орошении по бороздам (РООМС)

Элемент	В отдельных частях орошаемого поля			В среднем для поля
Запасы продуктивной влаги (мм) после поливов в слое почвы, мм	60—100	100—150	150—190	130
Урожай зерна, ц/га	30—50	50—70	70—85	65

кукурузы по бороздам при среднем для поля урожае 65 ц/га урожай на отдельных частях поля могут колебаться от 30—50 ц/га (запасы продуктивной влаги 60—100 мм) до 70—85 ц/га (запасы влаги 150—190 мм).

Скорость расходования воды с орошаемых полей вследствие сильной транспирации мощно развитых здесь растений при одних и тех же условиях погоды в несколько раз больше, чем с неорошаемых (табл. 5). Особенно ярко это

Т а б л и ц а 5

Суммарные расходы влаги (мм/сутки) из слоя почвы 0—100 см на орошаемых (1-я строка) и неорошаемых (2-я строка) полях

Район	Год	Посев—начало роста стебля	Начало роста стебля—цвете- ние	Цветение— молочная спелость	Молочная спелость— восковая спелость	Посев—воско- вая спелость
Кулундинская степь	1956—1957	3,2 2,0	4,5 1,5	4,8 2,1	3,5 1,2	3,7 1,6
Сальская степь	1961—1964	2,2 1,7	4,5 3,4	5,4 1,6	2,9 1,0	3,6 2,0

проявляется в периоды начало роста стебля—цветение и цветение—молочная спелость кукурузы. В это время под кукурузой суммарные расходы влаги (т. е. на транспирацию и испарение с поверхности почвы) по многолетним данным в среднем составляют на орошаемых полях 4—5 мм/сутки, на неорошаемых 1—3 мм/сутки. В отдельные жаркие и сухие дни, следующие непосредственно за поливом посевов, на полях с орошаемой кукурузой они достигают 6—8 мм/сутки. Характерно, что при одной и той же погоде и одних и тех же исходных запасах влаги в почве расходование ее на полях с легкими почвами идет значительно быстрее, чем на полях с тяжелыми. Разница составляет 1—2 мм/сутки и достигает 3 мм/сутки, если запасы влаги высокие (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Скорость расходования воды (мм/сутки) орошаемой кукурузой на полях с легкими и тяжелыми почвами при одних и тех же условиях погоды

Запасы продуктив- ной влаги (мм) в слое почвы 0—100 см	Супесь	Суглинок
70	2,6	1,5
100	4,0	2,4
130	5,5	3,2
160	6,9	4,2

Примечание. Берутся расходы влаги за период начало роста стебля—молочная спелость при сумме осадков 0 мм, $t=20^{\circ}\text{C}$.

Эффективность использования воды на орошаемых полях намного выше, чем на неорошаемых [8, 9]. Благодаря мощно развитому растительному покрову и хорошему затенению почвы преобладающая часть почвенной влаги здесь тратится производительно—на транспирацию растений. На неорошаемых полях она в основном расходуется непроизводительно—на испарение с поверхности почвы. За период вегетации под неорошаемой кукурузой непроизводительно тратится 50—70%, под орошаемой—лишь около 40% суммарных расходов (табл. 7).

Отношение испарения с поверхности почвы к суммарным расходам влаги
на орошаемых и неорошаемых полях кукурузы

Район исследования	Элемент	Орошаемое поле					Неорошаемое поле				
		посев—начало роста стебля	начало роста стебля—цвете- ние	цветение—мо- лочная спе- лость	молочная— восковая спе- лость	весь период	посев—начало роста стебля	начало роста стебля—цвете- ние	цветение— молочная спе- лость	молочная— восковая спе- лость	весь период
Кулундинская степь (1956—1957 гг.)	Испарение влаги с поверхности почвы, мм	59	36	18	64	177	55	38	10	46	149
	Суммарные расходы влаги, мм	112	126	53	168	459	70	52	21	54	197
	Отношение испарения к сум- марным расходам, %	53	29	34	38	39	79	73	48	85	76
Сальская степь (1961—1964 гг.)	Испарение влаги с поверхно- сти почвы, мм	39	61	33	33	166	39	50	17	16	122
	Суммарные расходы влаги, мм	75	184	123	65	448	71	131	36	18	256
	Отношение испарения к сум- марным расходам, %	52	33	27	51	37	55	38	48	88	48

Темпы развития орошаемых зерновых культур не идентичны таковым неорошаемых культур — развитие первых идет ускоренно. Причем в сильно засушливые годы ускорение развития орошаемой кукурузы в период начало роста стебля — появление нитей початков может достигать почти двух декад. В такие годы сумма температур, потребная для прохождения того или иного отрезка вегетации орошаемой кукурузы, значительно меньше, чем для неорошаемой. В отдельные годы разница превышает 300°C. Поскольку на орошаемых полях температура воздуха и почвы ниже, а условия освещения хуже, есть основания считать, что причинной задержки наступления фаз развития кукурузы на богаре и увеличения суммы температур, необходимой для их прохождения, является недостаток влаги в почве. Из данных табл. 8 следует, что чем больше расхождение в запасах продуктивной влаги под орошаемой и неорошаемой кукурузой, тем больше разница в темпах развития посевов.

Таблица 8

Связь скорости развития кукурузы с запасами продуктивной влаги в почве
(Кулундинская степь)

Поле	Дата массового наступления фазы развития			Длительность межфазных периодов, дни		Средние за период запасы продуктивной влаги, мм		Сумма положительных температур за период, °С	
	начало роста стебля	выметывание султана	появление нитей початка	начало роста стебля — выметывание	начало роста стебля — появление нитей	начало роста стебля — выметывание (x)	начало роста стебля — появление нитей (x ₁)	начало роста стебля — выметывание (y)	начало роста стебля — появление нитей (y ₁)

1956 г.

Неорошаемое	20 VI	18 VII	8 VIII	28	49	61	46	575	1015
Орошаемое	20 VI	16 VII	2 VIII	26	43	83	75	530	900

1957 г.

Неорошаемое	18 VI	30 VII	16 VIII	42	59	10	12	830	1150
Орошаемое	18 VI	12 VII	4 VIII	24	47	71	72	510	935

Так, в 1956 г., когда средние за периоды начало роста стебля — выметывание и начало роста стебля — появление нитей початка запасы продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см между орошаемым и неорошаемым полем различались не очень сильно, в пределах 20—30 мм, и составляли на неорошаемом поле 46—61 мм, разница в суммах положительных температур за эти периоды и в скорости развития растений была невелика — в пределах 45—115°C и 2—6 дней.

В 1957 г., когда на неорошаемом поле продуктивной влаги в почве почти не имелось (10—12 мм), а на орошаемом запасы ее составляли более 70 мм, расхождение в суммах температур и в темпах развития кукурузы достигало уже больших значений (215—320°C и 12—18 дней).

В аналитическом выражении связь средних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за период начало роста стебля — выметывание x и начало роста стебля — появление нитей початка x_1 с суммами положительных температур за эти же периоды y и y_1 представлена уравнениями

$$y = 737 - 2,9x; r = -0,89 \pm 0,04; E_y = \pm 37,$$

$$y_1 = 1093 - 3,3x_1; r = -0,91 \pm 0,04; E_{y_1} = \pm 37.$$

В результате оптимального водоснабжения при одних и тех же метеорологических условиях структура и урожай орошаемой кукурузы намного выше тех же показателей неорошаемой культуры. Разница в урожаях среднепозднеспелых сортов кукурузы на орошаемых и неорошаемых полях достигает

40 ц/га. Это имеет место и в сильно засушливые годы (табл. 9). Обеспечивая на протяжении всего периода вегетации оптимальное увлажнение почвы, рационально организованное орошение в несколько раз повышает эффективность использования удобрений.

Т а б л и ц а 9

Структура и урожай орошаемой
и неорошаемой кукурузы

Элемент	Оренбургская степь		Кулундинская степь	
	орошаемая	неорошаемая	орошаемая	неорошаемая
	В среднем за годы исследования			
Высота главного стебля (см)	195	146	234	191
Число зерен в початке	358	261	679	493
Абсолютный вес 1000 зерен (г)	190	122	377	236
Урожай зерна (ц/га)	43	17	87	48
Прибавка урожая от орошения (ц/га)	24		39	
	В годы с сильными засухами			
Высота главного стебля (см)	182	145	192	138
Число зерен в початке	246	190	581	395
Абсолютный вес 1000 зерен (г)	160	119	265	230
Урожай зерна (ц/га)	28	9	68	28
Прибавка урожая от орошения (ц/га)	19		40	

О высокой эффективности удобрений зерновых культур при орошении говорят данные опытных учреждений. Так, по обобщению, выполненному Всесоюзным научно-исследовательским институтом удобрений и агропочвоведения, прибавка урожая зерна кукурузы от удобрений на юге Поволжья (район Астрахани) составляет 27,5 ц/га, без орошения — всего 4,2 ц/га [7].

2. При высоком стоянии грунтовых вод соотношение условий произрастания и состояния посевов зерновых культур на орошаемых и неорошаемых полях иное, чем при их глубоком стоянии.

Говоря о грунтовых водах, характеризующихся высоким залеганием, прежде всего следует отметить, что уровень их сильно колеблется во времени и в пространстве. Даже в пределах небольших массивов (площадью 6—10 га) и при малых уклонах поверхностей (0,002) изменчивость глубины стояния грунтовых вод составляет 1—2 м. Примерно в этих же пределах уровень залегания грунтовых вод изменяется и в течение вегетационного периода, повышается он с началом поливов [12].

Глубина залегания и колебание уровней грунтовых вод резко отражаются на водном режиме почвы, водоснабжении растений и формировании урожая зерновых культур (табл. 10). Так, при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 4—5 м в течение круглого года), когда влажность почвы и растений практически находятся вне их воздействия, на неорошаемых полях почва быстро иссушается и урожай получают низкие, в 2—3 раза меньше, чем на орошаемых (у кукурузы, например, разница составляет 35—40 ц/га). При высоком залегании грунтовых вод (1—2 м от поверхности) на неорошаемых по-

Таблица 10

Состояние и урожай кукурузы на полях с глубоким и высоким стоянием грунтовых вод

Элемент	Глубокое стояние грунтовых вод			Высокое стояние грунтовых вод		
	поле неорошаемое	поле, орошаемое по бороздам при 80% н. в. ¹	разница между орошаемыми и неорошаемыми (%)	поле неорошаемое	поле, орошаемое по бороздам при 80% н. в.	разница между орошаемыми и неорошаемыми (%)
Средняя глубина стояния грунтовых вод в период вегетации, м	>5,0	>5,0	0	1,6	1,3	82
Наименьшая глубина стояния грунтовых вод в период вегетации, м	>5,0	>5,0	0	1,0	0,8	80
Суммарные расходы воды за период вегетации, мм	226	435	193	—	—	—
Вес зеленой массы при появлении нитей, ц/га	296	374	126	321	375	117
Высота растений при уборке, см	138	194	140	200	209	104
Диаметр стебля кукурузы во время уборки, см	2,2	2,6	118	2,3	2,6	112
Количество озерненных початков на 1 растение	0,8	1,0	125	1,1	1,1	100
Количество зерен в основном початке	395	591	150	554	581	105
Вес зерна в основном початке при 14%-ной влажности, г	91	151	165	154	166	108
Абсолютный вес зерна при 14%-ной влажности, г	230	256	112	307	309	101
Урожай зерна кукурузы, ц/га	27,9	65,9	244	77,3	90,2	112

¹ н. в. — наименьшая влагоемкость.

лях нижние корнеобитаемые слои почвы бывают все время хорошо увлажнены за счет подпитывания грунтовыми водами. Поэтому без орошения посеы здесь не страдают от засухи, хорошо растут. Разница между урожаями на таких полях при орошении и без орошения невелика (на 10—20%, 10—15 ц/га).

В связи с этим при установлении режимов орошения сельскохозяйственных культур, произрастающих в условиях высокого стояния грунтовых вод, рядом исследователей предлагается вводить поправки, зависящие как от глубины стояния их уровня, так и от механического состава почвы. Эти поправки носят усредненный характер и выражаются либо в мм/сутки, либо коэффициентами.

Примерные размеры подпитывания грунтовыми водами в период вегетации сельскохозяйственных культур представлены в табл. 11.

Средние поправочные коэффициенты суммарного испарения с полей (суммарного водопотребления), занятых культурами при оптимальном режиме орошения, представлены в табл. 12.

Таблица 11

Примерные размеры подпитывания грунтовыми водами в период вегетации (мм/сутки) по И. А. Шарову [17]

Характер почвы (по механическому составу)	Для полевых культур при глубине грунтовых вод (м)		
	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5
Легкие суглинистые	0,8—1,0	0,4—0,8	—
Средние суглинистые	1,0—1,2	0,5—1,0	—
Тяжелые суглинистые	1,2—1,6	0,8—1,2	0,4—0,8
Глинистые	1,6—2,5	1,2—1,6	0,8—1,2

Таблица 12

Средние поправочные коэффициенты суммарного испарения с полей при оптимальном орошении (по С. М. Алпатыеву) [3]

Характер суглинистых почв (по механическому составу)	При глубине грунтовых вод (м)			
	1	1—2	2—3	3—4
Легкие	—	0,66	0,86	1,00
Средние	0,41	0,62	0,84	0,96
Тяжелые	—	0,60	0,77	0,90

Описанные выше особенности произрастания зерновых культур при орошении показывают, что связи, установленные в богарных условиях и успешно используемые при агрометеорологическом обслуживании богарного земледелия, в большинстве случаев не могут быть использованы в этих целях в орошаемом земледелии [5, 6, 11, 14].

РАСЧЕТ И ПРОГНОЗ ОПТИМАЛЬНЫХ СРОКОВ И НОРМ ПОЛИВА КУКУРУЗЫ

Урожай орошаемых культур зависит не только от общего количества воды, использованной посевами за весь период их вегетации, но и от времени и норм поступления воды на поле в отдельные этапы жизни растений. В связи с этим большое значение имеют прогнозы сроков и норм полива, составляемые с учетом текущей погоды и создавшейся на орошаемом поле агрометеорологической обстановки.

В основу метода прогноза оптимальных сроков и норм полива положена современная теория передвижения влаги в почве и ее доступности для растений, а также выявленные закономерности расходования воды с орошаемых полей в основные периоды жизни кукурузы при различных условиях погоды.

К настоящему времени можно считать установленным, что наибольшей подвижностью, а следовательно, наибольшей доступностью и производительностью для растений обладает влага, имеющаяся в почве сверх влажности разрыва капилляров. Если увлажнение достигает этого предела, то движение воды под воздействием капиллярных сил прекращается и растения начинают испытывать вначале незначительный, а по мере иссушения почвы все более и более ощутимый недостаток воды. Поэтому на полях с орошением зерновых культур не следует допускать снижения влажности почвы до влажности разрыва капилляров. По данным большинства исследователей, этот предел увлажнения соответствует примерно 70% наименьшей влагоемкости почвы, выраженной в общих запасах [1, 2, 4, 13].

На основе вышешложенного при расчете оптимальных сроков полива яровой пшеницы и кукурузы в качестве нижнего предела, при котором необходимо дать полив, принято увлажнение почвы, равное 70% наименьшей влагоемкости. Исключением является лишь период созревания зерна, когда во избежание повреждения растений грибковыми болезнями и обеспечения своевременного подсыхания зерна норма последнего полива устанавливается из расчета, чтобы к концу восковой спелости запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы не превысили 40 мм [10].

Изменения запасов влаги на орошаемых полях, а следовательно, и наступление даты, когда должен быть дан очередной полив, рассчитываются по уравнениям вида

$$y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + I,$$

где y — изменения запасов продуктивной влаги в расчетном слое почвы (мм/сутки), x_1 — запасы продуктивной влаги в этом слое к началу расчетного периода (мм), x_2 — средняя температура воздуха за сутки ($^{\circ}\text{C}$), x_3 — сумма осадков за сутки (мм/сутки).

Общий вид этих уравнений аналогичен уравнениям, используемым для расчета изменений запасов влаги в богарных условиях. Однако имеются и различия. Поскольку уравнения, представленные в табл. 13, выведены по материалам наблюдений в орошаемых условиях и предназначаются для расчета изменений запасов влаги в этих же условиях, то значения числовых параметров и размерности здесь совсем иные. Изменения запасов влаги в том или другом слое почвы рассчитываются не за декаду, а за сутки, также в суточном разрезе используются и все другие величины.

В соответствии со скоростью расходования воды с орошаемых полей расчеты производятся по следующему отрезкам вегетации кукурузы: посев — начало роста стебля, начало роста стебля — цветение, цветение — молочная спелость, молочная — восковая спелость. В связи с тем что в период начало роста стебля — цветение прирост растительной массы кукурузы на орошаемых полях происходит очень быстро и с течением времени расходы на транспирацию сильно возрастают, в расчетное уравнение этого периода, кроме обычных переменных, введена еще переменная x_4 , учитывающая количество дней, прошедших от начала наступления фазы роста стебля до начала расчетов (тяжелые почвы).

Расчеты производятся с учетом типа почв. Если кукуруза произрастает на легких почвах, при расчетах скорости расходования воды используются уравнения связи (4) — (10), если на тяжелых — уравнения (11) — (22).

Для облегчения расчетов на основании уравнений построены соответствующие расчетные графики (также в суточном разрезе). Они даны в приложении.

Поливная норма, т. е. то количество воды, которое должно поступить в почву при каждом очередном поливе, определяется как разность между верхним (наименьшая влагоемкость почвы) и нижним пределом (70% н. в.), учитывается также глубина промачиваемого слоя почвы.

Следует, однако, оговорить, что при установлении норм очередных поливов яровых культур, произрастающих на легких почвах, в качестве верхнего предела увлажнения принимаются значения запасов влаги в почве, на 30—40 мм превышающие их наименьшую влагоемкость. Вследствие большой подвижности и легкой доступности влаги для растений на легких почвах часть ее сразу же после полива всасывается корнями растений, не успевая просочиться вниз. По данным полевых исследований, количество этой влаги составляет 30—40 мм и более [11].

Глубина промачиваемого слоя почвы должна определяться глубиной проникновения корней орошаемой культуры в почву и на протяжении большей части вегетационного периода она составляет для кукурузы более 2 м. Однако поскольку в практике орошаемого земледелия поливы производятся из расчета промачивания почвы на глубину, не большую 1 м, и закономерности скорости расходования воды с орошаемых полей установлены для слоев почвы, не выходящих за указанный предел, то в описываемом методе при расчете поливных норм принята эта глубина.

Изменение запасов продуктивной влаги (мм/сутки) под орошаемой кукурузой y в зависимости от исходных влагозапасов x_1 , средней суточной температуры воздуха x_2 и среднего суточного количества осадков x_3 на полях с легкими и тяжелыми почвами

Период вегетации	Слой почвы, см	Уравнение связи	Кoeffициент корреляции R	Число случаев n	Номер рисунка ¹
Легкие почвы					
Посев—начало роста стебля	0—20	$y = -0,053x_1 - 0,060x_2 + 0,180x_3 + 1,47$	(4) $0,82 \pm 0,03$	73	1
	0—50	$y = -0,055x_1 - 0,070x_2 + 0,920x_3 + 1,36$	(5) $0,87 \pm 0,02$	73	1
	0—100	$y = -0,038x_1 - 0,140x_2 + 0,480x_3 + 3,0$	(6) $0,82 \pm 0,04$	73	2
Начало роста стебля—цветение	0—50	$y = -0,060x_1 - 0,170x_2 + 0,330x_3 + 4,2$	(7) $0,85 \pm 0,02$	56	3
	0—100	$y = -0,060x_1 - 0,210x_2 + 0,410x_3 + 5,7$	(8) $0,85 \pm 0,03$	54	4
Цветение—восковая лось	0—50	$y = -0,046x_1 - 0,120x_2 + 0,350x_3 + 2,5$	(9) $0,94 \pm 0,01$	47	5
	0—100	$y = -0,036x_1 - 0,022x_2 + 0,260x_3 + 0,4$	(10) $0,74 \pm 0,04$	64	6
Тяжелые почвы					
Посев—начало роста стебля	0—20	$y = -0,033x_1 - 0,045x_2 + 0,706x_3 + 0,24$	(11) $0,77 \pm 0,01$	97	7
	0—50	$y = -0,015x_1 - 0,073x_2 + 0,924x_3 + 0,19$	(12) $0,71 \pm 0,01$	97	7
	0—100	$y = -0,013x_1 - 0,192x_2 + 1,135x_3 + 2,76$	(13) $0,68 \pm 0,01$	97	8
Начало роста стебля—цветение	0—20	$y = -0,060x_1 - 0,132x_2 + 0,296x_3 - 0,015x_4 + 3,49$	(14) $0,88 \pm 0,01$	292	9
	0—50	$y = -0,046x_1 - 0,178x_2 + 0,552x_3 - 0,046x_4 + 5,40$	(15) $0,85 \pm 0,01$	292	9
	0—100	$y = -0,036x_1 - 0,158x_2 + 0,812x_3 - 0,084x_4 + 6,50$	(16) $0,84 \pm 0,01$	292	10
Цветение—молочная лось	0—20	$y = -0,044x_1 - 0,101x_2 + 0,317x_3 + 2,16$	(17) $0,94 \pm 0,01$	121	11
	0—50	$y = -0,039x_1 - 0,192x_2 + 0,197x_3 + 4,26$	(18) $0,89 \pm 0,01$	121	11
	0—100	$y = -0,030x_1 - 0,222x_2 + 0,781x_3 + 4,53$	(19) $0,89 \pm 0,01$	121	12
Молочная—восковая лось	0—20	$y = -0,037x_1 - 0,043x_2 + 0,494x_3 + 0,80$	(20) $0,91 \pm 0,01$	188	13
	0—50	$y = -0,026x_1 - 0,086x_2 + 0,756x_3 + 1,43$	(21) $0,86 \pm 0,01$	188	13
	0—100	$y = -0,021x_1 - 0,135x_2 + 1,022x_3 + 2,12$	(22) $0,85 \pm 0,01$	188	14

¹ См. приложение.

Некоторым исключением является лишь начальный период роста, когда растения используют в основном влагу пахотного горизонта и при дефиците ее в этом слое не дают дружных всходов и слабо растут. В этих случаях срок и норма полива назначаются из расчета обеспечения должного увлажнения слоя почвы 0—20 см.

Основываясь на вышесказанном, при прогнозе оптимальных сроков и норм полива кукурузы приняты следующие положения.

1. Дата и норма полива устанавливаются в зависимости от глубины промачиваемого слоя почвы, равного 0,5 или 1,0 м, кроме первого периода (посев — начало роста стебля), когда срок полива устанавливается по влажности слоя почвы 0—20 см, а норма полива — по влажности слоев почвы 0—50 и 0—100 см.

2. За верхний предел увлажнения для тяжелых почв (глинистых и суглинистых) принимается наименьшая влагоемкость, выраженная в миллиметрах продуктивной влаги, для легких почв (песчаных и супесчаных) — наименьшая влагоемкость, увеличенная на 30—40 мм и также выраженная в миллиметрах продуктивной влаги.

3. Нижним пределом увлажнения считается влажность, равная 70% наименьшей влагоемкости.

Нижний предел увлажнения рассчитывается так. Сначала вычисляется 70% общих запасов влаги, имеющихся в расчетном слое почвы при наименьшей влагоемкости. Затем от полученного значения отнимаются имеющиеся в этом слое почвы запасы непродуктивной влаги. Конечное значение и является нижним пределом увлажнения.

Пример. Пусть общие запасы влаги при наименьшей влагоемкости в слое почвы 0—100 см тяжелого суглинистого чернозема равны 354 мм, а запасы имеющейся в нем непродуктивной влаги 168 мм. Тогда нижний предел увлажнения этого слоя почвы, выраженный в запасах продуктивной влаги, будет равен

$$\frac{354 \times 70}{100} = 248 - 168 = 80 \text{ мм.}$$

Если агрогидрологические свойства почвы в пункте, для которого проводится расчет, не определены, для тяжелых почв верхний предел увлажнения слоя 0—20 см принимается равным 40 мм, слоя 0—50 см 95 мм, слоя 0—100 см 180 мм, для легких почв соответственно 40, 80 и 160 мм. Для тяжелых почв нижний предел увлажнения слоя 0—20 см равен 20 мм, слоя 0—50 см 45 мм, слоя 0—100 см 80 мм, для легких почв соответственно 17, 36 и 67 мм. Отсюда рекомендуемые при орошении оптимальные поливные нормы для почв тяжелого механического состава равны: при промачивании на глубину 20 см 20 мм (40—20), или 200 м³/га; на глубину 50 см 50 мм (95—45), или 500 м³/га; на глубину 100 см 100 мм (180—80), или 1000 м³/га; для почв легкого механического состава они соответственно равны 23 мм (40—17), или 230 м³/га; 44 мм (80—36), или 440 м³/га; 93 мм (160—67), или 930 м³/га.

Поскольку расходование влаги с орошаемых полей весьма интенсивно и зависит от исходных запасов ее в почве и условий погоды, то влагозапасы рассчитываются по пятидневным периодам, дата же полива устанавливается с точностью до одного дня.

Необходимые для прогноза сведения о запасах продуктивной влаги в почве, фазе развития растений и другие данные ко времени составления прогноза могут быть получены из информации агро- и гидрометеорологических станций, либо определены расчетным путем. Сведения же об осадках и температуре могут быть взяты либо из прогноза погоды, либо из климатических справочников.

В тех случаях, когда фактических данных о датах наступления фенологических фаз не имеется, они определяются расчетным путем с использованием уравнения

$$D = D_1 + \frac{A}{t - \gamma},$$

где D — искомый срок наступления фазы; D_1 — дата сева или наступление исходной фазы при расчете; A — сумма эффективных температур за период от даты сева или наступления исходной фазы до даты наступления искомой фа-

зы (константа); t — средняя суточная температура воздуха за этот период; γ — свойственное данному растению значение нижнего предела эффективной температуры [18].

В соответствии с исследованиями Ю. И. Чиркова [15, 16] и результатами фенологических наблюдений над кукурузой в условиях орошения, при расчетах фаз значение нижнего предела эффективной температуры для кукурузы γ принимается равным 10°C , дата сева отождествляется с датой перехода средней суточной температуры воздуха через 13°C . Массовое появление всходов как среднеспелых (типа ВИР-42), так и позднеспелых (типа ВИР-156) сортов и гибридов отождествляется с датой накопления после сева сумм эффективных температур, равных 90°C , начало роста стебля (появление 9-го листа) — с накоплением сумм эффективных температур, равных 230°C . За дату выметывания метелки, цветения, наступления молочной и восковой спелости принимается: для среднеспелых сортов кукурузы — накопление сумм эффективных температур (с даты сева), равных соответственно 640, 720, 990 и 1100°C , для позднеспелых сортов 670, 740, 950 и 1200°C .

В табл. 14 даны примеры расчета и прогноза оптимальных сроков и норм полива кукурузы ВИР-42 для района метеостанции Херсон Херсонской области, характеризующегося темно-каштановыми почвами тяжелого механического состава. Верхний предел увлажнения этих почв для слоев 0—20, 0—50 и 0—100 см равен 43, 98 и 184 мм (430, 980 и 1840 м³/га) продуктивной влаги; нижний предел соответственно равен 22, 54, 93 мм или 220, 540, 930 м³/га. Оптимальная поливная норма при промачивании почвы на глубину 20 см составляет 210 м³/га (430—220), на глубину 50 см 440 м³/га (980—540), на глубину 100 см 910 м³/га (1840—930).

В табл. 14 представлены два случая расчета оптимальных сроков и норм полива: первый — при поливе кукурузы напуском, из расчета промачивания почвы на глубину 1 м; второй — при поливе кукурузы дождеванием, из расчета промачивания на глубину 50 см. В целях сравнимости динамики влажности почвы в том и другом случае расчет изменений влагозапасов сделан для трех слоев: 0—20, 0—50 и 0—100 см.

Исходные для прогноза данные таковы. Посев кукурузы проведен 9 апреля. По фактическому определению, запасы продуктивной влаги к этому времени в слоях почвы 0—20, 0—50 и 0—100 см составляют 36, 81 и 146 мм соответственно. В качестве примера взят год, характеризующийся хорошими запасами продуктивной влаги во всех (в том числе и глубоких) слоях почвы и выпадением значительного количества осадков в период ее вегетации (141 мм, 134% нормы).

Расчет оптимальных сроков и норм полива кукурузы при поливе напуском и промачивании почвы на глубину 1 м проводится по пятидневкам и начинается с даты сева (9 апреля). В районе, для которого проводятся расчеты, за пятидневку, последующую за посевом (с 11 до 15 апреля), ожидается средняя суточная температура воздуха $17,5^{\circ}\text{C}$, сумма осадков 0,1 мм, что составляет 0,0 мм/сутки (0,1 : 5). По графикам на рис. 7 и 8 находим значение изменения запасов продуктивной влаги за сутки при отсутствии (0,0 мм) осадков. В слоях 0—20, 0—50 и 0—100 см она составляет $-1,9$, $-2,4$ и $-2,7$ мм. Поправки на температуру воздуха равны соответственно $+0,1$, $+0,2$, $+0,4$ мм. Таким образом, изменение запасов продуктивной влаги за сутки в слое почвы 0—20 см составит $-1,8$ мм ($-1,9 + 0,1$), в слое 0—50 см $-2,2$ мм ($-2,4 + 0,2$) и в слое 0—100 см $-2,3$ мм ($-2,7 + 0,4$), за пятидневку в слое почвы 0—20 см -9 мм ($-1,8 \times 5$), в слое 0—50 см -11 мм ($-2,2 \times 5$) и в слое 0—100 см -12 мм ($-2,3 \times 5$). Отсюда следует, что к 15 апреля запасы продуктивной влаги в слоях почвы 0—20, 0—50 и 0—100 см снизятся до 27, 70 и 134 мм соответственно.

В период с 16 по 20 апреля средняя суточная температура воздуха ожидается $15,5^{\circ}\text{C}$, сумма осадков 1,8 мм, или 0,4 мм/сутки. По тем же графикам (рис. 7 и 8) находим, что при таких условиях погоды изменение запасов влаги за сутки составит в слое почвы 0—20 см $-1,1$ мм ($-1,3 + 0,2$), в слое 0—50 см $-1,6$ мм ($-2,0 + 0,4$) и в слое 0—100 см $-1,4$ мм ($-2,2 + 0,8$). К 19 апреля запасы продуктивной влаги снизятся в слое почвы 0—20 см до 22 мм, в слоях 0—50 и 0—100 см до 65 и 128 мм соответственно. Поскольку

влажность слоя почвы 0—20 см снизится до нижнего предела увлажнения, устанавливаем, что 19 апреля необходимо дать полив. Норму полива рассчитываем, исходя из промачивания почвы на глубину 100 см. Она равна верхнему пределу увлажнения (184 мм) минус количество влаги, имеющееся на 19 апреля в слое почвы 0—100 см (128 мм), т. е. 56 мм (184—128), или 560 м³/га. Таким образом, первый полив должен быть дан 19 апреля в количестве 560 м³/га. В результате его весь слой почвы 0—100 см увлажнится до верхнего предела и запасы продуктивной влаги к 19 апреля составят в слоях 0—20, 0—50 и 0—100 см соответственно 43, 98, 184 мм. Поэтому с 20 апреля изменения запасов влаги рассчитываются исходя из этой послеполивной влажности почвы по тем же графикам (см. приложение, рис. 7 и 8), что и за первые две пятидневки. К концу апреля, через одиннадцать дней после полива, запасы продуктивной влаги снизятся в слоях почвы 0—20, 0—50 и 0—100 см до 31, 84 и 163 мм соответственно, а к 20 мая (перед наступлением фазы начало роста стебля) они составят соответственно 26, 75 и 157 мм.

22 мая по фенологическому прогнозу у кукурузы наступит фаза начало роста стебля и растения должны начать более интенсивно расходовать влагу. Поэтому начиная с 22 мая изменения запасов влаги в почве должны рассчитываться по зависимостям, установленным для периода начало роста стебля—цветение, т. е. по графикам на рис. 9 и 10 (см. приложение). В этот период в отличие от предыдущего в связи с введением четвертой переменной (x_4) при расчетах изменений запасов влаги под орошаемой кукурузой, кроме поправки на температуру вводится еще поправка на количество дней, прошедших от фазы начало роста стебля (22 мая) до очередной пятидневки (или до наступления фазы цветение кукурузы). Она берется из помещенной внизу расчетного графика таблицы «Поправка на длительность периода».

В соответствии с прогнозом с 20 по 25 мая температура воздуха ожидается около 20°C и сумма осадков за пятидневку 0,3 мм (или 0,1 мм/сутки). Первые два дня пятидневки (до наступления фазы начало роста стебля) считаем по графикам на рис. 7 и 8 (см. приложение) и находим, что 22 мая запасы влаги в слоях почвы 0—20, 0—50, 0—100 см составят 23, 70 и 151 мм соответственно. Начиная с 23 мая для расчета изменений запасов влаги используются, как говорилось выше, графики на рис. 9 и 10. По ним находим, что при температуре воздуха 20,3°C и сумме осадков за сутки 0,1 мм запасы влаги изменяются в слое почвы 0—20 см на -0,9 мм, в слоях 0—50 и 0—100 см на -2,8 и -4,6 мм соответственно. Поправка для слоев почвы 0—20, 0—50 и 0—100 см на температуру воздуха равна 0,0 мм, а на длительность периода соответственно +0,4, +1,2 и +2,3 мм. Следовательно, запасы влаги в слое 0—20 см изменяются за сутки на -0,5 мм (-0,9 + 0,0 + 0,4), в слое 0—50 см на -1,6 мм (-2,8 + 0,0 + 1,2), в слое 0—100 см на -2,3 мм (-4,6 + 0,0 + 2,3), а за три дня (с 22 по 25 мая) соответственно на -2, -5 и -7 мм. В результате на 25 мая запасы влаги в этих слоях почвы снизятся до 21, 66 и 144 мм соответственно.

Дальнейшие расчеты показывают, что 20 июня запасы влаги в слоях почвы 0—20 и 0—50 см снизятся до 10 и 36 мм, в слое 0—100 см, по которому устанавливается срок очередного полива после наступления фазы начало роста стебля, до 92 мм, т. е. будут ниже допустимого предела (93 мм), когда необходим полив. Таким образом устанавливаем, что второй полив должен быть проведен 20 июня при норме 920 м³/га (1840—920). В результате второго полива все слои почвы увлажнятся до верхнего предела. Исходя из условий погоды пятой и шестой пятидневки июня и первой пятидневки июля по графикам на рис. 9 и 10 находим, что к 3 июля (к цветению метелки у кукурузы) запасы влаги в слоях почвы 0—20, 0—50 и 0—100 см составят соответственно 25, 61 и 127 мм. Начиная с 4 июля изменение запасов влаги рассчитывается по графикам рис. 11 и 12 (в период цветение—молочная спелость) и на рис. 13 и 14 (в период молочная—восковая спелость).

Представленные в табл. 14 данные показывают, что в год с хорошими запасами влаги в слое почвы 0—100 см ко времени сева кукурузы и значительным количеством осадков в период ее роста для поддержания влажности выше нижнего предела увлажнения при промачивании почвы на глубину 1 м под орошаемую кукурузу потребовалось дать три полива: первый 19 апреля

нормой 560 м³/га, второй 20 июня нормой 920 м³/га и третий 17 июля нормой 890 м³/га — всего 2370 м³/га воды.

Такой режим орошения обеспечил достаточное увлажнение почвы в нижних слоях и недостаточное в верхних. Запасы влаги в слое 50—100 см в течение всего периода вегетации кукурузы ни разу не опускались за нижний предел увлажнения. В то время как слое 0—20 см в репродуктивный период роста кукурузы в течение десяти пятидневок и в слое 0—50 см в течение шести пятидневок они были меньше нижнего предела увлажнения (табл. 14).

Расчет оптимальных сроков и норм полива кукурузы при поливе дождеванием и промачивании почвы на глубину 50 см. При поливе дождеванием, который все более и более широко распространяется, вследствие недостаточной скорости просачивания влаги в почву промачивание ее обычно обеспечивается на меньшую глубину, примерно на 50—60 см. Поэтому нередко при установлении оптимальных сроков и норм полива эта глубина и принимается в качестве исходной при расчетах. Приведенные выше, установленные в Гидрометцентре СССР, закономерности измененный запасов продуктивной влаги под орошаемой кукурузой в слое почвы 0—50 см позволяют рассчитывать сроки и нормы орошения при промачивании почвы на эту глубину (50 см).

В табл. 14 дан пример такого расчета. Очередной срок полива назначается тогда, когда запасы влаги слоя почвы 0—50 см опускаются до нижнего предела увлажнения. Норма полива рассчитывается как разница между верхним пределом увлажнения слоя 0—50 см и запасами влаги, имеющимися в нем ко времени полива.

Приведенные в табл. 14 результаты расчетов показывают, что для того, чтобы поддерживать на должном уровне влажность слоя почвы 0—50 см поливы требуется проводить чаще, чем для поддержания на должном уровне влажности слоя 0—100 см в целом.

При промачивании почвы на глубину 50 см и при тех же метеорологических условиях потребовалось дать пять поливов почти той же оросительной нормой (2110 м³/га), что и при поливе напуском для промачивания почвы на глубину 1 м, однако при значительно меньших поливных нормах: в первый полив (19 апреля) поливная норма составила 330 м³/га, во второй (2 июня) — 440 м³/га, в третий (20 июня) — 460 м³/га, в четвертый (10 июля) — 440 м³/га и в пятый полив (20 июля) — 440 м³/га.

Как видно из представленных в табл. 14 расчетов, характерной особенностью динамики влажности почвы при этом режиме орошения является большее количество влаги в верхних слоях и не всегда достаточное в нижних. При поливе из расчета промачивания почвы на глубину 50 см даже в годы с глубоким промачиванием и хорошим увлажнением почвы весной запасы влаги в слое 50—100 см в отдельные периоды роста кукурузы (молочная — восковая спелость) оказываются меньше нижнего предела увлажнения, что не может не сказаться на состоянии растений, а следовательно, и на формировании урожая.

В слое 0—50 см водный режим почвы при этой глубине промачивания более благоприятен. Благодаря тому, что очередные поливы проводятся из расчета поддержания его влажности выше нижнего предела увлажнения, снижение ее до этого уровня, если рассчитывать влажность для слоя 0—50 см в среднем, происходит лишь на очень короткое отрезки времени. Если же выделять из него наиболее богатый питательными веществами самый верхний пахотный горизонт, то картина получается иная. Слой почвы 0—20 см при поливах, рассчитанных на промачивание до глубины 50 см, может иссушаться очень сильно. В описываемом случае за репродуктивный период вегетации кукурузы запасы влаги в слое почвы 0—20 см опускались шесть раз за нижний предел увлажнения, причем наиболее длительно в период начало роста стебля — выметывание метелки (четыре пятидневки), когда потребность во влаге и питательных веществах наибольшая.

Из сказанного выше следует, что для обеспечения должного снабжения кукурузы влагой и питательными веществами режим ее орошения целесообразно планировать так, чтобы на протяжении всего периода ее вегетации достаточное количество влаги имелось как в верхних, так и в нижних слоях почвы, т. е. чтобы наряду с поливами, устанавливаемыми из расчета промачивания почвы на глубину 0,5—1,0 м, практиковались бы и поливы, обеспечивающие оптимальные запасы влаги в богатом питательными веществами слое 0—

Пример уточнения прогноза сроков

Дата составления прогноза 10 IV 1972 г.

Станция Херсон

Верхний предел увлажнения слоя почвы:

0—20 см — 43 мм

0—50 см — 98 мм

0—100 см — 184 мм

Показатели	6—10 IV	11—15 IV	16—20 IV	21—25 IV
	Первоначальный			
Температура воздуха (средняя за пятидневку, °С)	13,2	17,5	15,5	15,0
Осадки (сумма за пятидневку, мм)	0,6	0,1	1,8	2,3
Фаза развития	Сев 9 IV			
	<i>Расчет запасов продуктивной</i>			
	Слой			
Запасы влаги к концу пятидневки или к началу фазы перед поливом	38* 36	27	41	33
			22	
			43	
	Слой			
Запасы влаги к концу пятидневки или к началу фазы перед поливом	83* 81	70	96	87
			65	
			98	
	Слой			
Запасы влаги к концу пятидневки или к началу фазы перед поливом	147* 146	134	182	163
			128	
			184	
Порядковый номер полива			Первый	
Дата полива			19 IV	
Норма полива			560	
	Уточнение			
Температура воздуха (средняя за пятидневку, °С)	13,2	9,4	13,6	14,2
Осадки (сумма за пятидневку, мм)	0,6	25,4	0,0	1,5
Осадки (средние за сутки, мм)	0,1	5,1	0,0	0,3
Число дней от даты начало роста стебля до конца пятидневки				
Номер рисунка для расчета изменения запасов влаги в слое почвы:				
0—20 см	7	7	7	7
0—50 см	7	7	7	7
0—100 см	8	8	8	8

Таблица 15

и норм очередных поливов кукурузы

Область Херсонская

Почва темно-каштановая, среднесуглинистая

Нижний предел увлажнения слоя почвы:

0—20 см — 22 мм

0—50 см — 54 мм

0—100 см — 93 мм

26—30 IV	1—5 V	6—10 V	11—15 V	16—20 V	21—25 V	26—31 V	1—5 VI	6—10 VI	11—15 VI	16—20 VI
----------	-------	--------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	----------	----------

прогноз

11,1 7,2 Всходы 28 IV	10,9 17,2	15,1 10,3	15,6 10,5	21,5 0,0	20,3 0,3 Рост стебля 22 V	21,0 0,0	21,0 4,2	22,4 0,0	23,2 27,8	24,7 0,1
--------------------------------	--------------	--------------	--------------	-------------	------------------------------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------

влаги в почве (мм)

0—20 см

31	37	36	35	26	21	17	15	12	17	10 10 43
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----------------

0—50 см

84	92	90	88	75	66	56	50	40	48	98 36 98
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----------------

0—100 см

163	175	175	175	157	144	129	118	104	112	92 92 184 Второй 20 VI 920
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

прогноза

11,4 2,5 0,5	12,2 2,0 0,4	13,9 0,0 0,0	15,5 3,5 0,7	14,5 12,3 2,5	15,4 1,2 0,2	16,4 1,8 0,3	20,3 7,8 1,5	20,3 0,0 0,0	21,4 0,0 0,0	24,5 0,1 0,0
					3	9	14	19	24	29
					До 22 V	После 22 V				
7	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9
7	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9
8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10

Показатели	6-10 IV	11-15 IV	16-20 IV	21-25 IV
------------	---------	----------	----------	----------

Расчет запасов продуктивной

Слой

Изменение запасов за сутки снято с графика		1,8	-2,2	-1,8
поправка на температуру		0,5	0,3	0,3
поправка на число дней от фазы начала роста стебля		2,3	-1,9	-1,5
сумма		15	-10	-8
Изменение запасов за пятидневку				
Запасы влаги				
к концу пятидневки или к началу фазы	38* 36	48	38	30
перед поливом				
после полива				

Слой

Изменение запасов влаги за сутки снято с графика		2,2	-2,6	-2,2
поправка на температуру		0,8	0,5	0,5
поправка на число дней от фазы начала роста стебля		3,0	-2,1	-1,7
сумма		15	-10	-8
Изменение запасов за пятидневку				
Запасы влаги				
к концу пятидневки или к началу фазы	83* 81	96	86	78
перед поливом				
после полива				

Слой

Изменение запасов за сутки снято с графика		2,9	-3,1	-2,9
поправка на температуру		2,1	1,2	1,2
поправка на число дней от фазы начала роста стебля		5,0	-1,9	-1,7
сумма		25	-10	-8
Изменение запасов за пятидневку				
Запасы влаги				
к концу пятидневки или к началу фазы	147* 146	171	161	153
перед поливом				
после полива				
Порядковый номер полива				
Дата полива				
Норма полива (м ³ /га)				

* Запасы влаги на дату сева.

26-30 IV	1-5 V	6-10 V	11-15 V	16-30 V	21-25 V	26-31 V	1-5 VI	6-10 VI	11-15 VI	16-20 VI
----------	-------	--------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	----------	----------

влаги в почве (мм)

0-20 см

До полива		После полива		До 22 V		После 22 V		До полива		После полива			
-1,4	-1,3	-1,9	-2,0	-2,0	0,3	-1,5	-0,8	-0,9	-0,6	-0,8	-0,6	-0,5	-2,1
0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,7	0,5	0,0	0,0	-0,1	-0,5	-0,5
							0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
-1,0	-0,9	-1,5	-1,7	-1,8	0,6	-1,3	0,3	-0,1	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0	-2,6
-5	-3	-3	-8	-9	3	-3	1	0	-2	-4	-3	-3	-5
25	22	40	32	23	26	23	24	24	22	18	15	12	38
	22	43										12	43

0-50 см

2,0	-2,0	-2,4	-2,7	-1,9	0,0	-2,4	-2,9	-2,8	-2,3	-2,2	-1,8	-1,3	-4,0
0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,9	0,7	0,0	0,0	-0,2	-0,9	-0,9
							1,2	0,9	0,7	0,6	0,3	0,1	0,1
-1,3	-1,3	-1,7	-2,2	-1,5	0,5	-2,0	-0,8	-1,2	-1,6	-1,6	-1,7	-2,1	-4,8
-6	-4	-3	-11	-8	2	-4	-2	-6	-8	-8	-8	-6	-10
72	68	95	84	76	78	74	72	66	58	50	42	36	88
	68	98										36	98

0-100 см

-2,2	-2,4	-3,0	-3,2	-2,4	-0,9	-2,8	-4,8	-4,5	-3,1	-4,0	-3,4	-2,9	-6,0
1,7	1,5	1,5	1,2	0,8	1,0	1,8	0,8	0,6	0,0	0,0	-0,2	-0,6	-0,6
							2,3	1,7	1,3	0,9	0,5	0,1	0,1
-0,5	-0,9	-1,5	-2,0	-1,6	0,1	-1,8	-1,7	-2,2	-1,8	-3,1	-3,1	-3,4	-6,5
-3	-3	-3	-10	-8	0	-4	-5	-11	-9	-16	-16	-10	-13
150	147	181	171	163	163	159	154	143	134	118	102	92	171
	147	184										92	184
	Первый 3 V 370											Второй 18 VI 920	

20 см. Для выявления наиболее оптимального сочетания глубины промачивания почвы при очередных поливах в период вегетации кукурузы целесообразно организовать специальные опыты.

В представленном примере в целях наглядности расчет сроков и норм полива дан для всего периода вегетации кукурузы в целом. Поскольку долгосрочные прогнозы погоды с надлежащей детализацией и оправдываемостью в настоящее время не составляются и фактическая погода всегда в какой-то мере отличается от климатологических условий и от условий, ожидаемых по прогнозу, практически при обслуживании производственных организаций прогноз сроков и норм полива приходится составлять не на весь вегетационный период, а для каждого очередного полива.

По мере приближения срока полива приходится вносить в него коррективы с учетом минувшей погоды. В этих целях целесообразно по мере поступления фактических данных об истекшей погоде систематически, от пятидневки к пятидневке, вести расчеты изменений запасов влаги в почве и на основе их выявлять расхождения между сроком и нормой полива, данными в прогнозе, со сроком и нормой полива, обусловленными истекшей фактической погодой. Если расхождение будет существенным, то следует с достаточной заблаговременностью (за 2—3 дня до полива) дать заинтересованным организациям уточнение к прогнозу. А еще лучше по истечении каждой пятидневки информировать организации о происшедших за истекшую пятидневку изменениях потребности посевов в воде, а следовательно, и об ускорении или задержке срока очередного полива по отношению к ранее прогнозированным.

Расчеты по уточнению прогноза мало чем отличаются от расчетов по его составлению.

В табл. 15 приведен пример уточнения прогноза оптимального режима орошения кукурузы при поливе ее напуском и промачивания почвы до глубины 1 м. В верхней части этой таблицы для сравнения дан первоначальный прогноз. В третьей пятидневке апреля осадков выпало больше, чем ожидалось по прогнозу, а температура воздуха была несколько ниже ожидаемой. В результате первый полив, прогнозируемый на 19 апреля, не потребовался (запасы влаги в слое 0—20 см равнялись 38 мм). Несмотря на то что последующие декады были в основном менее влажными, чем ожидалось по прогнозу, необходимость в первом поливе возникла лишь 3 мая, т. е. на 15 дней позже, чем ожидалось. В соответствии с этим несколько сдвигается и срок второго полива.

В описанном случае первое предупреждение о смещении срока полива (о его задержке) целесообразно дать уже в начале четвертой пятидневки апреля после выпадения обильных дождей. Второе предупреждение вместе с уточнением срока полива — в шестой пятидневке, после установления сравнительно сухой погоды в четвертой и пятой пятидневке апреля.

После первого полива следует дать прогноз и начать уточнение срока и нормы второго полива, затем третьего и так далее.

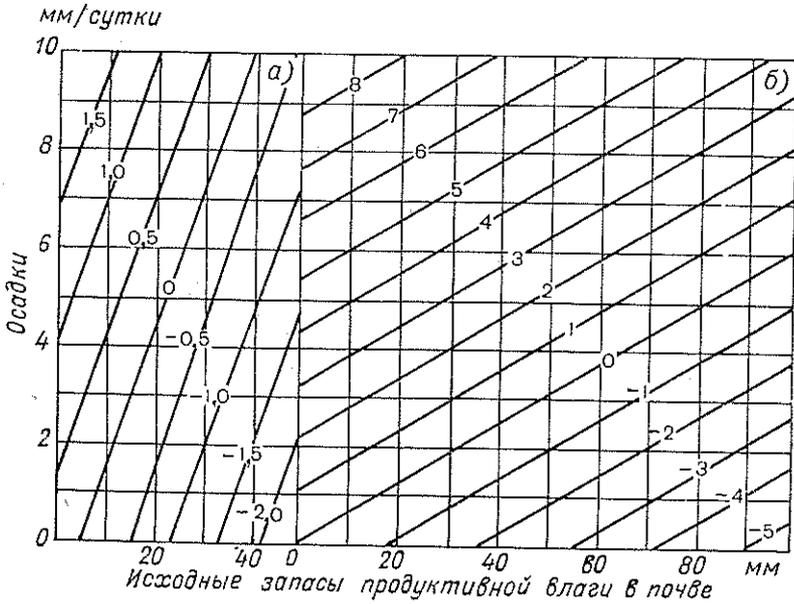
Изложенный метод может быть принят при агрометеорологическом обслуживании районов возделывания орошаемой кукурузы, если она произрастает в условиях глубокого залегания грунтовых вод на незасоленных почвах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова М. М. Передвижение воды в почве при испарении. — «Тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева», 1953, т. 41, с. 71—145.
2. Абрамова М. М. и др. Испарение с почвы подвешенной влаги. — «Почвоведение», 1956, № 2, с. 27—42.
3. Алпатьев С. М. Режимы орошения сельскохозяйственных культур для юга Европейской части СССР. Киев, Изд. УкрНИГМИ, 1966, с. 3—21.
4. Большаков А. Ф. Водный режим комплексной степи Каспийской низменности. — «Тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева», 1955, т. 32, с. 369—396.
5. Вериго С. А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве и оценка влагообеспеченности зерновых культур. — В кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. Л., Гидрометеонздат, 1957, с. 143—164.
6. Вериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства). Л., Гидрометеонздат, 1973. 328 с.
7. Краткие итоги зонального изучения эффективности удобрений в географической сети опытов (1958—1962 гг.). Всесоюзный научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения. М., «Колос», 1965. 111 с.
8. Мастинская С. Б. Методика составления агрометеорологического прогноза сроков и норм полива яровой пшеницы. — В кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. Л., Гидрометеонздат, 1957, с. 83—92.
9. Мастинская С. Б., Мещаннинова Н. Б. Агрометеорологическая эффективность орошения зерновых культур на юго-востоке Европейской территории СССР. — «Тр. ЦИП», 1957, вып. 53, с. 3—19.
10. Мещаннинова Н. Б. Агрометеорологическое обоснование орошения зерновых культур. Л., Гидрометеонздат, 1970. 126 с.
11. Процеров А. В. Прогноз агрометеорологических условий произрастания яровых зерновых культур по степени обеспечения растений влагой. — В кн.: Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. Л., Гидрометеонздат, 1962, с. 65—75.
12. Разумова Л. А. Влияние глубины стояния грунтовых вод на влажность почвы и формирование урожая сельскохозяйственных культур при орошении. — «Тр. Гидрометцентра СССР», 1968, вып. 24, с. 50—64.
13. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Том 1. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. Л., Гидрометеонздат, 1965. 663 с.
14. Уланова Е. С., Цао И.н. Зависимость запасов продуктивной влаги под кукурузой от метеорологических факторов на Украине. — «Тр. ЦИП», 1963, вып. 131, с. 13—29.
15. Чирков Ю. И. Оценка агрометеорологических условий произрастания кукурузы. — «Тр. ЦИП», 1960, вып. 98, с. 6—17.
16. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. Л., Гидрометеонздат, 1969. 252 с.
17. Шаров И. А. Размеры возможного подпитывания за счет грунтовых вод. М., Сельхозгиз, 1952. 250 с.
18. Шинголев А. А. Методика составления фенологических прогнозов. — В кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. Л., Гидрометеонздат, 1957, с. 5—18.

**ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ (мм/сутки)
В РАЗЛИЧНЫХ СЛОЯХ ПОЧВЫ ПОД КУКУРУЗОЙ В РАЗЛИЧНЫЕ
ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ**

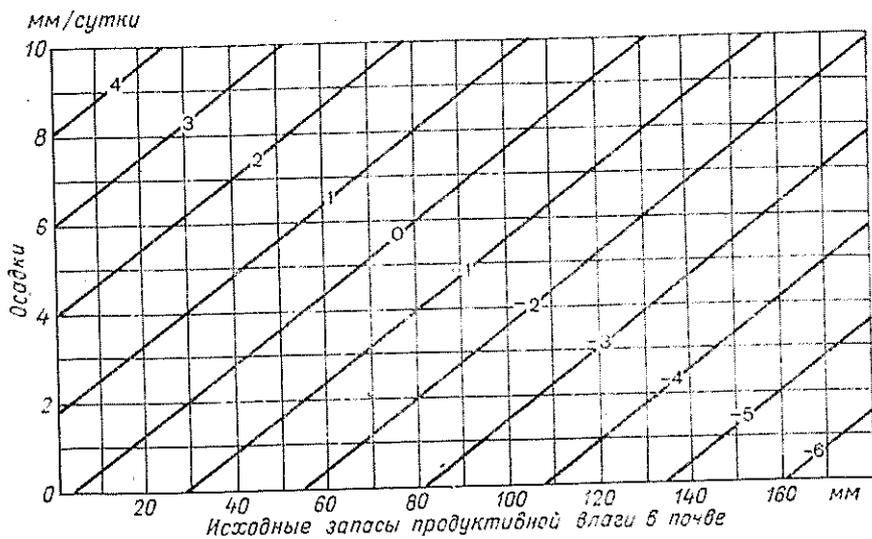
Супесчаные и легкосуглинистые почвы



Поправка на температуру

Температура, °С		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка (мм) для слоя												
почвы:												
0-20 см		0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0
0-50 см		0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
Температура, °С		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка (мм) для слоя												
почвы:												
0-20 см		-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	
0-50 см		-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	

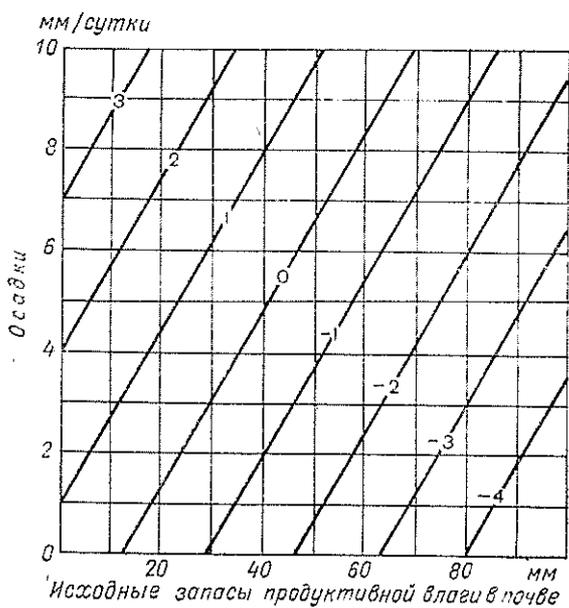
Рис. 1. Период формирования всходов и листьев (посев — начало роста стебля). Слой почвы 0-20 (а) и 0-50 см (б).



Поправка на температуру

Температура, °C	. . .	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Поправка, мм	. . .	1,3	1,1	1,0	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1
Температура, °C	. . .	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Поправка, мм	. . .	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0	-1,1	-1,3	-1,4		

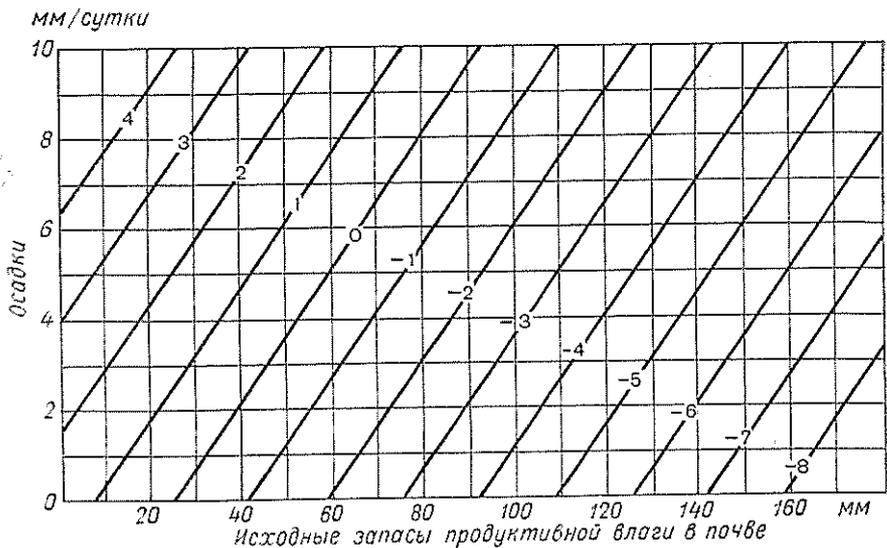
Рис. 2. Период формирования всходов и листьев (посев — начало роста стебля). Слой почвы 0—100 см.



Поправка на температуру

Температура, °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	1,5	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0
Температура, °C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9	-1,1	-1,2	-1,4	-1,5	

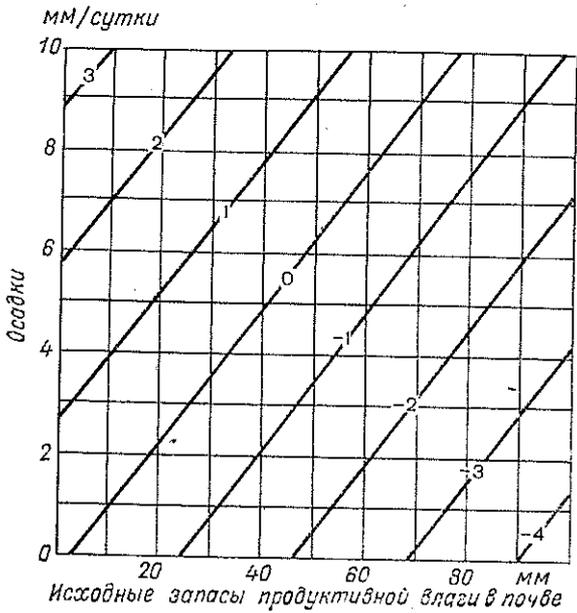
Рис. 3. Начало роста стебля — цветение. Слой почвы 0—50 см.



Поправка на температуру

Температура, °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Температура, °C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6	-1,8	-2,0	

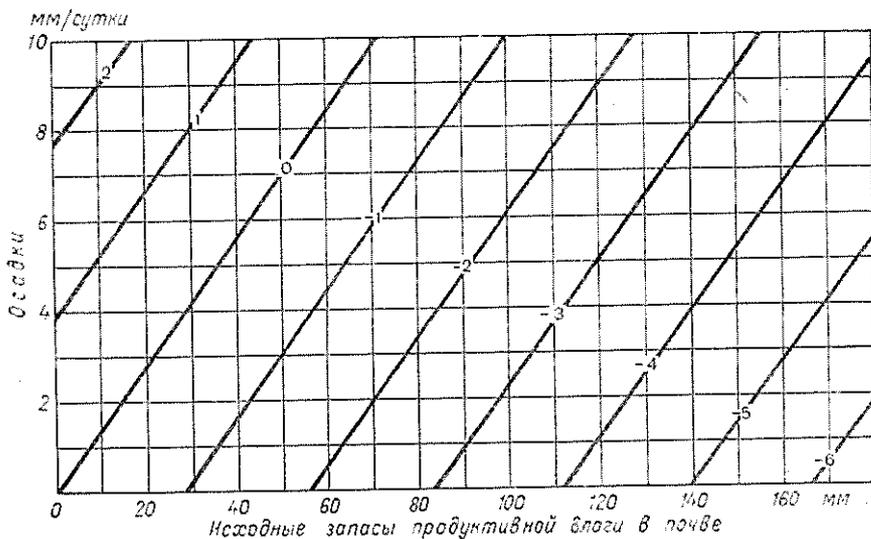
Рис. 4. Начало роста стебля—цветение. Слой почвы 0—100 см.



Поправка на температуру

Температура, °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Температура, °С	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	

Рис. 5. Период цветение — восковая спелость. Слой почвы 0—50 см.

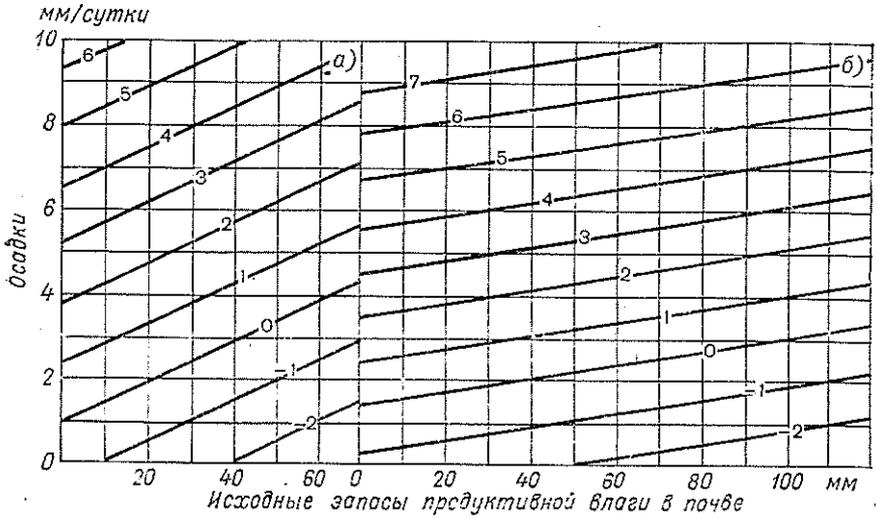


Поправка на температуру

Температура, °С	10-15	16-19	20	21-25	26-30
Поправка, мм	0,2	0,1	0	-0,1	-0,2

Рис. 6. Период цветение — восковая спелость. Слой почвы 0—100 см.

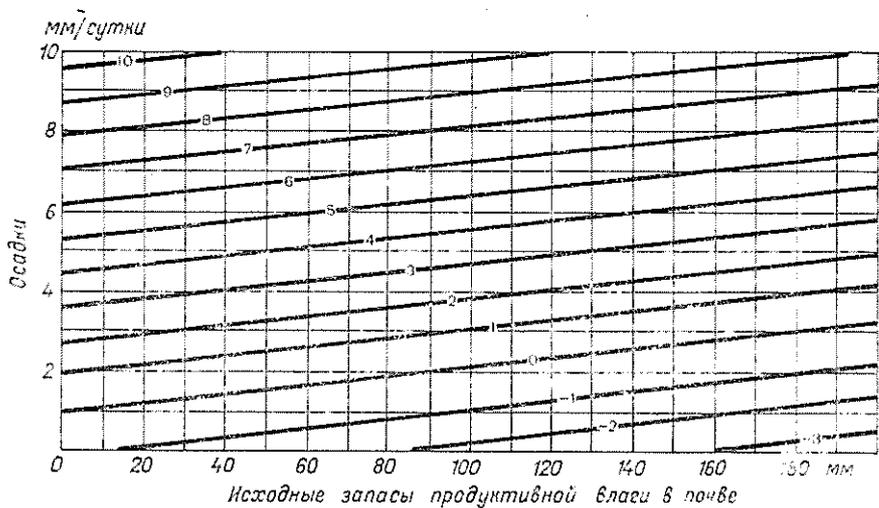
Глинистые и суглинистые почвы



Поправка на температуру

Температура, °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0
0-50 см	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Температура, °С	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	
0-50 см	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	

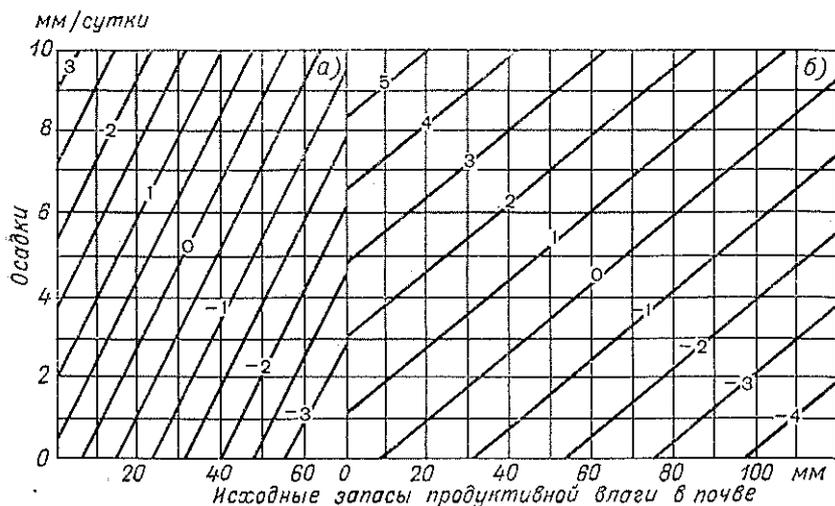
Рис. 7. Период формирования листьев и всходов (посев — начало роста стебля). Слой почвы 0-20 (а) и 0-50 см (б).



Поправка на температуру

Температура, °C	. . . .	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	. . . .	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Температура, °C	. . . .	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	. . . .	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	

Рис. 8. Период формирования всходов и листьев (посев — начало роста стебля). Слой почвы 0—100 см.



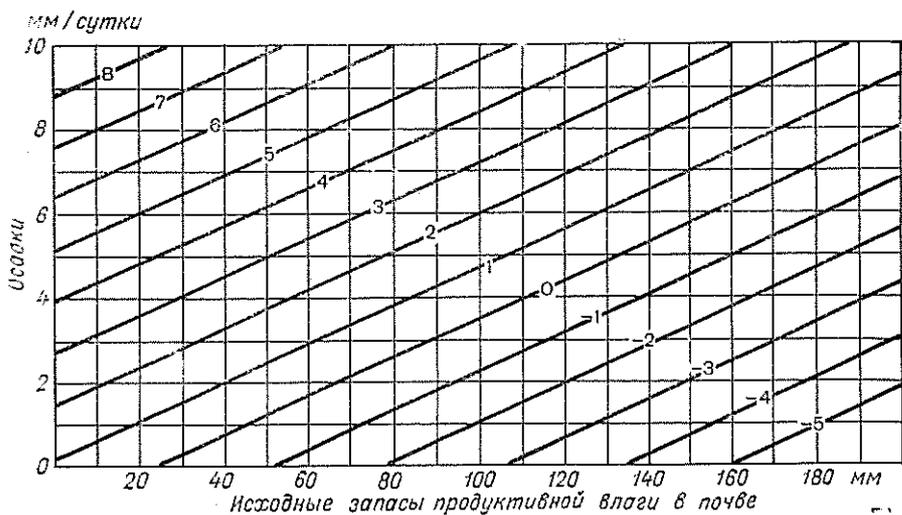
Поправка на температуру

Температура, °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,1	0
0-50 см	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0
Температура, °С	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,2	-1,3	
0-50 см	-0,2	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,2	-1,4	-1,6	-1,8	

Поправка на длительность периода

Длительность периода, дни	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
0-50 см	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5
Длительность периода, дни	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	0,1	0,1	0,1	0	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
0-50 см	0,4	0,3	0,2	0,1	0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6
Длительность периода, дни	44	46	48	50	52	54	56	58	60		
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	
0-50 см	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4		

Рис. 9. Начало роста стебля — цветение. Слой почвы 0-20 (а) и 0-50 см (б).



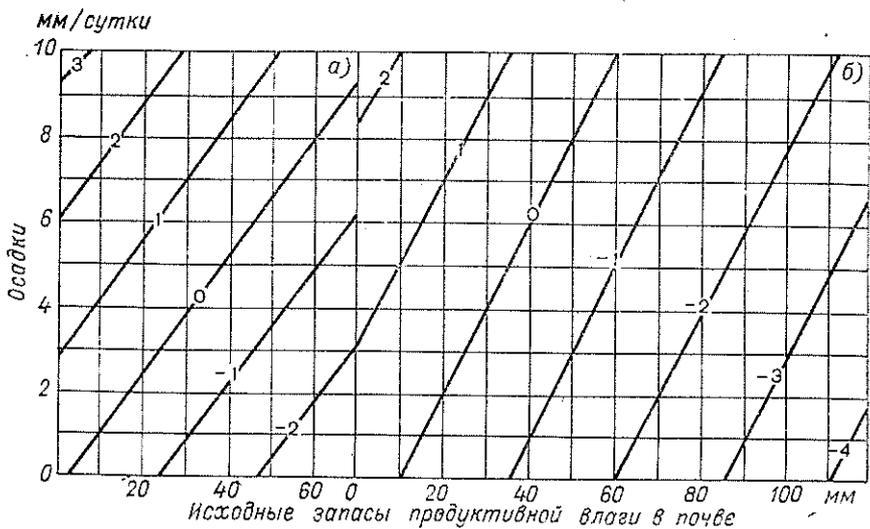
Поправка на температуру

Температура, °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	1,6	1,4	1,3	1,1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0
Температура, °C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9	-1,1	-1,3	-1,4	-1,6	

Поправка на длительность периода

Длительность периода, дни	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Поправка, мм	2,5	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8
Длительность периода, дни	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
Поправка, мм	0,7	0,5	0,3	0,2	0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0
Длительность периода, дни	44	46	48	50	52	54	56	58	60		
Поправка, мм	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,8	-2,0	-2,2	-2,4	-2,5		

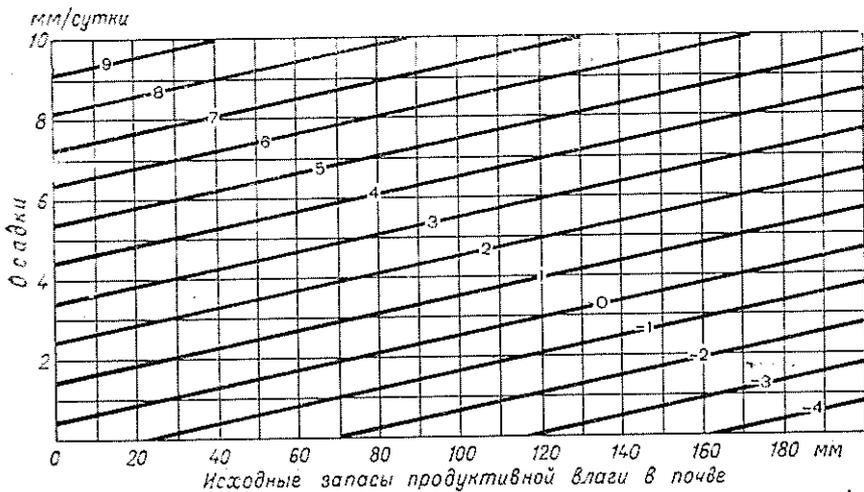
Рис. 10. Рост стебля — цветение. Слой почвы 0—100 см.



Поправка на температуру

Температура, °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
0-50 см	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Температура, °С	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0-20 см	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	
0-50 см	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	

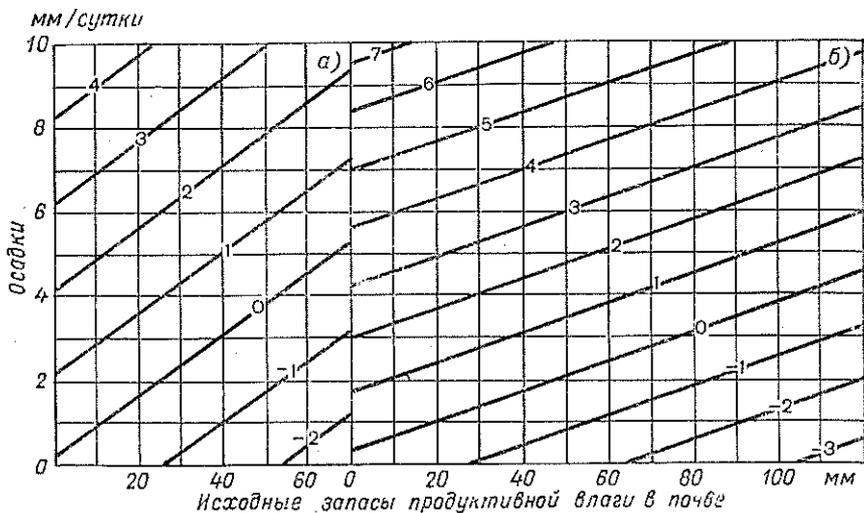
Рис. 11. Цветение — молочная спелость. Слой почвы 0-20 (а) и 0-50 см (б).



Поправка на температуру

Температура, °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	2,2	2,0	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,7	0,4	0,2	0
Температура, °C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	-0,2	-0,4	-0,7	-0,9	-1,1	-1,3	-1,6	-1,8	-2,0	-2,2	

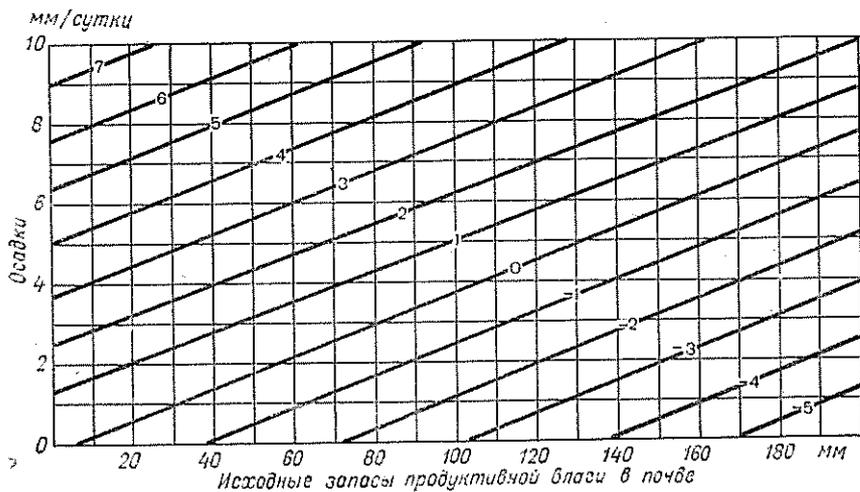
Рис. 12. Цветение — молочная спелость. Слой почвы 0—100 см.



Поправка на температуру

Температура, °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0—20 см	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0
0—50 см	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0
Температура, °С	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка (мм) для слоя почвы:											
0—20 см	0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	
0—50 см	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	

Рис. 13. Молочная—восковая спелость. Слой почвы 0—20 (а) и 0—50 см (б).



Поправка на температуру

Температура, °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Поправка, мм	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,1	0
Температура, °C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Поправка, мм	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,2	-1,4	

Рис. 14. Молочная—восковая спелость. Слой почвы 0—100 см.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Особенности агрометеорологических условий произрастания зерновых культур при орошении	4
Расчет и прогноз оптимальных сроков и норм полива кукурузы . .	11
Список литературы	23
Приложение	24

Любовь Александровна Разумова
Наталья Борисовна Мещанинова

Составление
агрометеорологических расчетов и прогнозов
оптимальных сроков и норм
полива кукурузы

Отв. редактор Л. А. Разумова

Редактор З. Н. Пильникова. Технический редактор М. И. Брайнина.

Корректор Г. Н. Ринмант

Сдано в набор 18.11.77. Подписано в печать 18.05.78. М-09482 Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 2. Лит. гарн. Печать высокая. Печ. л. 2,75 с вкл. Уч.-изд. л. 3,2. Тираж 800 экз. Индекс АЛ-121. Заказ № 50. Цена 15 коп. Заказное. Гидрометеонздат. 199053. Ленинград 2-я линия, 23.

Типография им. Котлякова издательства «Финансы» Государственного комитета Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191023, Ленинград, Д-23, Садовая, 21.

