

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ДРЕНАЖА НА ПЕРИОДИЧЕСКИ ПЕРЕУВЛАЖНЯЕМЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

Изучение осушительного действия дренажа проводится нами с 1969 г на двух опытных участках (в совхозе "Шарковщинский" и в колхозе "Красная Армия" Витебской области). На первом участке исследуется влияние параметров дренажа на водный режим почв тяжелого механического состава, а на втором — влияние уклона поверхности на осушительное действие дренажа. Характеристика этих участков приводится в работах [1, 2].

Результаты изучения стока на тяжелых минеральных почвах. Для изучения поверхностного стока было построено пять колодцев. Располагались колодцы в понижениях у бровки дороги, идущей вдоль канала К-1. Приток воды с прилегающих территорий исключался, так как участок с трех сторон был огражден каналами, а с четвертой — водоразделом и полевой дорогой.

Для изучения дренажного стока в зависимости от интенсивности дренирования закладывались одиночные дрены на глубину 0,8–1,0 м с расстояниями между ними 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 20,0 м (в трехкратной повторности). Засыпка траншей производилась смесью пахотного слоя и вынутого грунта.

Для характеристики действия отдельных вариантов дренажа рассмотрим данные по объемам дренажного стока, приведенные в табл. 1. В основном за четыре года наблюдалась определенная зависимость между объемом стока и интенсивностью дренирования, т.е. с уменьшением расстояний между дренами объем дренажного стока увеличивался. Следует заметить, что наиболее отчетливо эта зависимость проявлялась в интервале расстояний между дренами 2,5–10 м, хотя в отдельные годы этот интервал расширялся до 15 м. Некоторое увеличение стока при расстоянии между дренами 20 м объясняется тем, что они пересекают местное микропонижение, где собирается поверхностная вода. Несмотря на то, что в отдельные годы большая часть стока проходит в осенне-зимний период, самым неблагоприятным сезоном в отношении переувлажнения в наших условиях является весна. Это обусловлено тем, что тяжелые почвы достаточно увлажняются с осени. Весной же избыток влаги, об-

Таблица 1

Гидрологи- ческий год	Сезон	Осадки, мм	Слой стока, мм,	
			2,5	5,0
1969/70	осень	143	4,8	6,0
	зима	112	9,0	4,7
	весна	157	48,5	41,8
	лето	278	0	0
	всего	690	62,3	52,5
1970/71	осень	105	19,2	22,9
	зима	90	1,4	0,9
	весна	60	14,0	12,2
	лето	257	0	0
	всего	512	34,6	36,0
1971/72	осень	69	0	0
	зима	60	-	-
	весна	163	17,7	11,7
	лето	202	0	0
	всего	494	17,7	11,7
1972/73	осень	186	17,5	9,0
	зима	79	2,6	10,9
	весна	141	7,9	3,9
	лето	246	0	0
	всего	651	28,0	23,8
Среднее	осень	123	10,4	9,5
1969/73	зима	85	3,2	4,1
	весна	133	22,0	17,4
	лето	246	0	0
	всего	587	35,6	31,0

разующийся за счет запасов воды в снеге, а также осадков этого периода, необходимо отвести в сравнительно короткий срок (до начала полевых работ).

Важным показателем эффективности гидрологического действия дренажа являются модули стока. При одинаковой интенсивности дренирования значения модулей стока меняются в зависимости от количества выпавших осадков (табл. 2). Самые высокие модули наблюдались весной 1970 г. При $E=2,5$ м максимальный модуль стока составил 1,038 л/с /га. Четкая зависимость максимальных модулей от расстояния между дренами нами не обнаружена, хотя в отдельные сезоны наблюдалось их возрастание с уменьшением междренних расстояний. Более от-

при расстоянии между дренами, м				
7,5	10,0	12,5	15,0	20,0
1,3	1,6	1,8	1,9	2,7
3,9	4,5	3,6	5,0	5,4
20,7	15,7	9,9	6,0	7,7
0	0	0	0	0
25,9	21,8	15,3	12,9	15,8
20,0	17,0	15,7	15,9	16,0
0,6	0,8	0,8	0,6	1,1
7,6	8,0	6,2	5,0	6,6
0	0	0	0	0
28,2	25,8	22,7	21,7	23,7
0	0	0	0	0
1,8	1,5	1,9	2,8	8,6
10,9	6,9	10,1	8,6	10,7
0	0	0	0	0
12,7	8,4	12,0	11,4	19,3
8,6	10,3	12,3	8,6	12,5
13,0	10,4	13,1	9,3	9,4
3,3	2,2	3,0	3,0	3,2
0	0	0	0	0
24,9	22,9	28,4	20,9	25,1
7,5	7,2	7,5	6,6	7,8
4,8	4,3	4,9	4,4	6,2
10,6	8,2	7,3	5,7	7,0
0	0	0	0	0
22,9	19,7	19,7	16,7	21,0

четливо проявляется такая закономерность для средних модулей стока. Наиболее средние значения модулей стока имели место преимущественно весной. В отдельные годы, например в 1970 г., в некоторых вариантах весенние модули превышали осенние в 1,5--2 раза.

Характеристика зависимости модулей стока различной обеспеченности (для влажной весны 1970 г. и сухой 1971 г.) от расстояний между дренами дана в табл. 3. Как видно, с увеличением интенсивности дренирования значения одинаково обеспеченных модулей стока возрастают, исключение составляют дренажи с расстояниями между ними 20 м. Эти дренажи расположены в пониженных местах.

Таблица 2

Гидрологический год	Сезон	Модули стока, л/с / га,					
		2,5		5,0		7,5	
		средн.	макс.	средн.	макс.	средн.	макс.
1969/70	осень	0,123	0,175	0,133	0,252	0,049	0,100
	зима	0,200	0,415	0,111	0,183	0,102	0,162
	весна	0,290	1,038	0,290	0,830	0,135	0,461
1970/71	осень	0,120	0,235	0,097	0,341	0,082	0,313
	зима	0,027	0,050	0,017	0,035	0,007	0,014
	весна	0,115	0,248	0,085	0,216	0,065	0,177
1971/72	осень	0	0	0	0	0	0
	зима	-	-	-	-	0,105	0,162
	весна	0,350	0,500	0,140	0,410	0,100	0,375
1972/73	осень	0,320	0,500	0,190	0,360	0,142	0,268
	зима	0,120	0,250	0,150	0,175	0,110	0,133
	весна	0,220	0,320	0,100	0,200	0,067	0,133

Необходимо отметить, что местоположение дрен оказывает влияние не только на модули, но и на объем, а также продолжительность стока. Например, пятая система коллектора, расположенная в понижении, отвела в 1969/70 и 1970/71 гидрологических годах в 2--3 раза больше воды, чем седьмая система с такими же расстояниями между дренами, расположенная вне местных микропонижений (табл. 4). Однако в первом случае почва была переувлажнена значительно больше, чем во втором. В этой связи следует заметить, что при оценке работы дренажа следует учитывать и характер микрорельефа, поскольку в пониженных местах основная масса дренажного стока формируется за счет поступления поверхностных вод через пахотный слой и засыпку. Это является одним из признаков неудовлетворительного водного режима. Небольшой сток по подпахотному слою более важен, чем большой по пахотному, поскольку он намного сокращает переувлажнение почвы [3].

Из табл. 4 видно, что существенное различие в стоке из дренажных систем, расположенных в понижении и на выровненном участке, относится к весне. В этот период имеет место формирование поверхностного стока, которое происходит преимущественно ранней весной по мерзлой почве за счет снеготаяния. Талая вода стекает в замкнутые понижения (при их

при расстоянии между дренами, м							
10,0		12,5		15,0		20,0	
средн.	макс.	средн.	макс.	средн.	макс.	средн.	макс.
0,043	0,108	0,052	0,065	0,068	0,146	0,078	0,133
0,101	0,167	0,061	0,098	0,095	0,210	0,073	0,189
0,095	0,234	0,060	0,250	0,040	0,108	0,056	0,224
0,064	0,253	0,066	0,225	0,058	0,212	0,058	0,175
0,009	0,230	0,008	0,030	0,007	0,012	0,006	0,015
0,058	0,248	0,062	0,122	0,041	0,114	0,130	0,633
0	0	0	0	0	0	0	0
0,042	0,104	0,044	0,100	0,030	0,141	0,078	0,368
0,062	0,200	0,085	0,320	0,063	0,236	0,047	0,260
0,100	0,262	0,110	0,295	0,116	0,282	0,131	0,364
0,094	0,131	0,110	0,185	0,088	0,145	0,066	0,156
0,050	0,113	0,045	0,115	0,050	0,116	0,044	0,131

Таблица 3

Расстояние между дренами, м	Годы	Обеспеченность, %					
		1	3	5	10	25	50
		модуль стока, л/с / га					
2,5	1970	1,12	0,88	0,78	0,64	0,44	0,27
	1971	0,360	0,28	0,24	0,20	0,14	0,09
5,0	1970	1,16	0,91	0,79	0,62	0,41	0,21
	1971	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12	0,07
7,5	1970	0,60	0,45	0,38	0,30	0,19	0,09
	1971	0,25	0,19	0,17	0,13	0,09	0,05
10,0	1970	0,41	0,32	0,27	0,21	0,13	0,07
	1971	-	-	-	-	-	-
12,5	1970	0,25	0,19	0,14	0,11	0,08	0,05
	1971	0,24	0,17	0,16	0,12	0,08	0,05
15,0	1970	0,24	0,18	0,16	0,13	0,08	0,04
	1971	0,18	0,14	0,12	0,09	0,06	0,03
20,0	1970	0,30	0,22	0,19	0,14	0,08	0,04
	1971	0,67	0,48	0,40	0,28	0,014	0,05

Таблица 4

Номер системы	Место-положение	Периоды	Слой стока, мм		Продолжительность стока, сут	
			1969/70	1970/71	1969/70	1970/71
5	в пони- жении	осенне- зимний	34,6	20,6	28	35
		весен- ний	58,6	28,3	35	28
		всего	93,2	48,9	63	63
7	на рав- нинном участке	осенне- зимний	30,5	16,7	28	34
		весен- ний	13,5	7,3	27	15
		всего	44,0	14,4	55	49

Таблица 5

Период	Годы	Слой стока, мм			Отноше- ние по- верхност- ного к суммар- ному, %
		дренажный	поверхност- ный	суммар- ный	
Осенний	1969	27,0	0,8	27,8	2,9
	1970	16,4	1,4	17,8	7,9
	1971	4,2	0,4	4,6	9,5
	1972	47,9	0,6	48,5	1,2
Весенний	1972	13,5	4,5	18,0	25,1
	1973	11,7	10,0	21,7	46,0

наличии), где застаивается, а впоследствии трансформируется в дренажный сток. Как видно из табл. 5, в весенний период поверхностный сток достигал 25–46% от суммарного. Осенью сток по поверхности был ничтожно мал (0,6–1,4 мм), а летом отсутствовал.

Анализ гидрографов стока, один из которых представлен на рис. 1, показывает, что поверхностный сток практически заканчивается после оттаивания почвы на глубину 20–40 см. К этому моменту относится и начало интенсивной работы гончарного дренажа. Стеkanie талой воды в микропонижении с одной стороны способствует увеличению дренажного стока, а с дру-

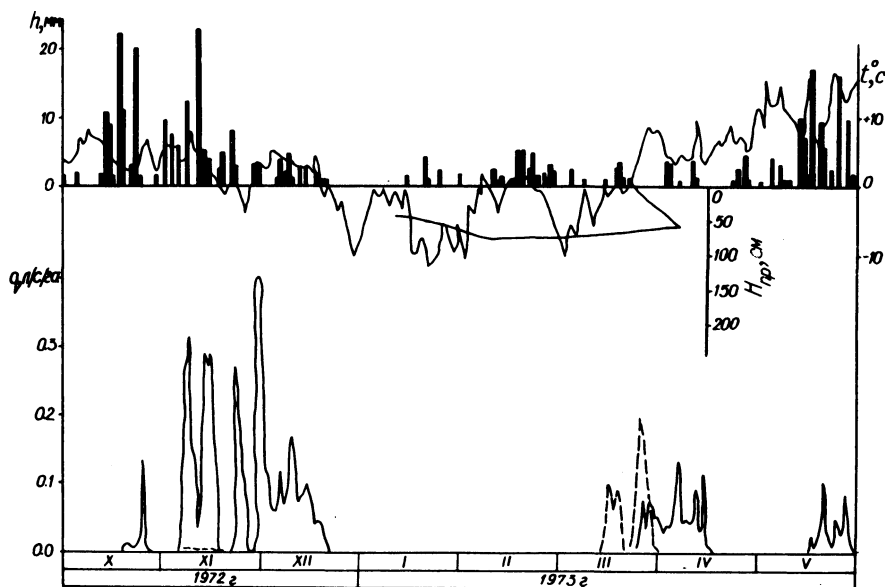


Рис. 1. Гидрографы дренажного (сплошные линии) и поверхностного (пунктирные) стоков на опытном участке "Шарковщинский":

h — осадки, q — модуль стока; $H_{\text{пр}}$ — глубина промерзания.

гой приводит к более продолжительному переувлажнению почвы. Это обстоятельство следует учитывать при осушении глинистых почв. Кроме дренажа, целесообразно осуществлять планировку поверхности и другие мероприятия, направленные на ускорение поверхностного стока и перераспределение его по почвенному профилю. При этом планировку следует проводить не только при строительстве осушительных систем, но и регулярно в процессе эксплуатации, поскольку за одну и даже две планировки, как показали наши исследования (рис. 2), не всегда удается достичь желаемого результата.

С замкнутых понижений, которые нельзя ликвидировать планировкой, избыточную воду отводят с помощью колодцев-поглотителей, которые увеличивают объем дренажного стока. Однако при этом продолжительность последнего не изменяется по сравнению с дренажем, заложенным на выровненных элементах рельефа (табл. 6).

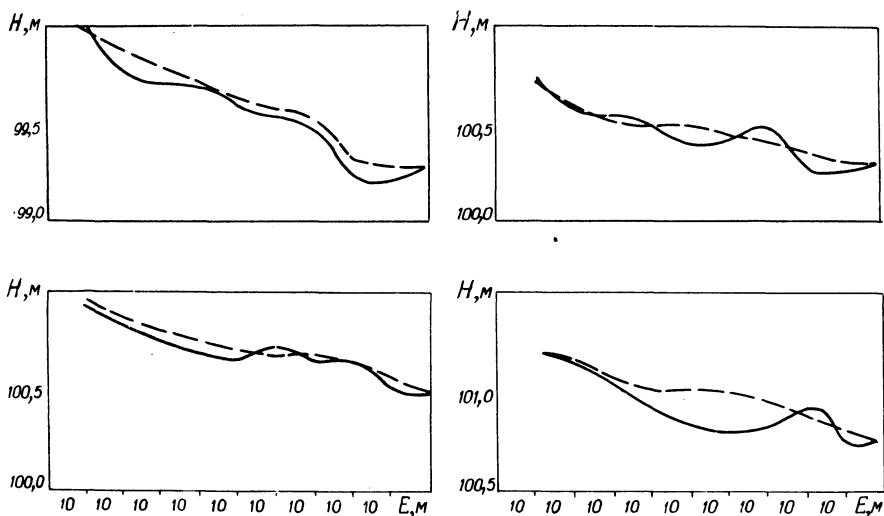


Рис. 2. Поперечные профили поверхности до (сплошные линии) и после двукратной планировки (пунктирные):
 E — расстояние; H — уклон поверхности, м.

Таблица 6

Расстояние между дренажами, м	Модуль стока, л/с 7 га		Слой стока, мм		Продолжительность стока, сут	
	с колодезем	без колодца	с колодезем	без колодца	с колодезем	без колодца
5	1,04	0,87	73,0	63,3	30	31
10	3,7	0,38	106,8	40,1	33	33

Влияние уклона поверхности земли на осушительное действие дренажа на супесчаных почвах. В практике осушения периодически переувлажняемых земель довольно часто приходится сталкиваться с вопросами размещения дренажных линий в зависимости от уклона поверхности. По данным исследований при уклонах поверхности 0,02—0,05 междренные расстояния можно разрезать на 20—40% по сравнению с расстояниями на поверхности почвы без уклонов.

В работах [4—6] не освещен вопрос размещения дренажа на отдельных элементах склонов. Для решения этой проблемы нами изучался режим работы отдельных дрен, расположенных по длине склона.

Наблюдения за дренажным стоком показали (табл. 7), что на системе, защищенной от притока воды извне нагорно-ловчим каналом (К-2), значительный сток имел место с дрен, расположенных в нижней части склона, несмотря на то, что расстояние между дренами в нижней части склона составляет 40 м, а выше по склону уменьшается до 10 м. Среднегодовой сток с дрен, расположенных в нижней части склона, при расстояниях между дренами 40 м составил 69 мм, а выше по склону 10 мм при расстояниях 30 м, при 20 м — 8 мм и при 10 м — 18 мм.

Несколько иная картина наблюдалась на втором участке (К-4), где нагорно-ловчий канал располагается на расстоянии 150 м от крайней дрены и на участок имеется доступ воды с недренированной территории. Здесь дренажный сток с верхних дрен превышал сток с нижних дрен. Так, средний годовой сток с дрен, расположенных в нижней части склона ($E=40$ м), составил 49 мм, а в верхней части осушенного склона ($E=10$ м) на контакте с недренированной территорией — 78 мм. В средней части склона сток был гораздо меньший (13—33 мм). Сток с дренажных систем при сравнительно безуклонном рельефе увеличивается с уменьшением расстояний между дренами. Средний годовой слой стока при расстояниях между дренами 10, 20, 30 и 40 м составил соответственно 57, 42, 32 и 23 мм.

На участке с разными глубинами дренирования, где мелкие дренаи (0,6 м) расположены в нижней части склона, а глубокие (1,5 м) — в верхней (К-6), заметной разницы в стоке (независимо от расположения дрен относительно склона и глубины дрен) не обнаружено (табл. 8). Объясняется это тем, что дренаи глубиной 0,6 м находятся в зоне промерзания и в весенний период начинают работать гораздо позже глубоких дрен. Весной 1972 г на системах К-2, К-4 и К-6 сток наблюдался только с дрен, расположенных в нижней части склона, поскольку при таянии снега инфильтрация влаги в почву была затруднена из-за большой глубины промерзания почвы (до 140 см) и вода по склону стекала вниз. На участке К-8, где глубокие дренаи размещаются в нижней части склона, а мелкие в верхней проявляется зависимость дренажного стока от глубины дренирования и элемента склона. Так, при глубине 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 и 1,5 м средний годовой сток составил соответственно 9; 18; 28; 41 и 121 мм.

Наблюдения за уровнями грунтовых вод показали (табл. 9), что в летний и зимний периоды они находились на глубине

Таблица 7

Расстояние между дренажами, м	Слой дренажного стока, мм,							
	1969			1970			1971	
	весна	осень	за год	весна	осень	за год	весна	за год
Участок, огражденный от притока								
40	14	5	19	157	10	167	18	18
30	0	1	1	12	4	16	6	6
20	0	0	0	4	0	4	14	14
10	0	0	0	12	4	16	-	-
Участок, имеющий приток								
40	8	3	11	124	5	129	20	20
30	0	1	1	18	6	24	14	14
20	7	4	11	57	19	76	41	41
10	24	8	32	134	34	168	98	98
Дренажные системы								
40	-	6	6	23	11	34	16	16
30	-	10	10	35	15	50	22	22
20	-	11	11	47	16	63	28	28
10	-	12	12	68	20	88	36	36

Таблица 8

Глубина закладки дрен	Слой дренажного стока, мм							
	1969			1970			1971	
	весна	осень	за год	весна	осень	за год	весна	за год
Участок К-6 (глубокие дрены)								
0,6	2	0	2	15	9	24	17	17
0,8	0	1	1	27	13	40	47	47
1,0	0	1	1	24	8	32	25	25
1,2	0	1	1	27	2	29	18	18
1,5	0	1	1	25	1	26	81	81
Участок К-8 (глубокие дрены)								
0,6	-	0	0	13	0	13	14	14
0,8	-	0	0	22	2	24	15	15
1,0	-	0	0	69	0	69	24	24
1,2	-	1	1	68	12	80	28	28
1,5	-	18	18	212	46	258	69	69

по годам							средний годовой сток
1972			1973				
весна	лето	за год	весна	лето	за год		
воды извне (К-2)							
60	48	108	27	7	34	69	
0	9	9	11	7	18	10	
0	10	10	7	7	14	8	
0	18	18	10	8	18	13	
воды извне (К-4)							
21	34	55	20	8	28	49	
0	11	11	9	8	17	13	
0	13	13	16	9	25	33	
0	33	33	49	12	61	78	
(безуклонный участок)							
15	7	22	30	6	36	23	
21	12	33	37	8	45	32	
35	15	50	46	11	57	42	
50	20	70	62	15	77	57	

по годам						Средний за 5 лет
1972			1973			
весна	лето	осень	за год	весна	лето	
наверху склона, мелкие - внизу)						
54	26	12	92	12	14	32
0	11	8	19	10	9	25
0	9	9	18	10	7	19
0	6	7	13	11	5	15
0	8	10	18	9	3	28
внизу склона, мелкие -верху)						
0	3	3	6	7	5	9
22	5	4	31	13	6	18
3	8	7	18	21	8	28
14	26	9	49	35	12	41
35	74	16	125	120	17	121

Таблица 9

Варианты дренажа	Расстояние между дренажами, м	Глубина закладки дренажа, м	УГВ на глубине, см			
			0--20	20--50	50--100	>100
Система	40	1,0	5	15	63	282
К-2	30	1,0	2	10	51	302
	20	1,0	2	15	50	298
	10	1,0	5	20	58	282
	Система	40	1,0	5	12	65
К-4	30	1,0	4	12	42	307
	20	1,0	4	16	61	284
	10	1,0	6	29	60	270
	Дренажные системы	40	1,0	5	21	60
	30	1,0	4	19	53	289
	20	1,0	3	18	51	293
	10	1,0	2	15	47	297
	Система	20	0,6	9	35	48
К-6	20	0,8	4	13	40	308
	20	1,0	3	13	35	314
	20	1,2	2	14	31	318
	20	1,5	4	14	37	310
	Система	20	0,8	5	15	28
К-8	20	1,0	7	21	21	316
	20	1,2	6	13	36	310
	20	1,5	4	18	43	300
	Контроль	-	-	10	50	55
До осушения	-	-	39	45	50	231

100 см и более. До пахотного горизонта УГВ поднимались на продолжительное время лишь в весенний и осенний периоды. В среднем продолжительность стояния УГВ в пахотном слое почвы не превышала 8 суток за год. Более продолжительное время уровни держались в нижней части склона, там, где имеет место приток воды извне, и в верхней части. В средней части склона продолжительность стояния УГВ в пахотном слое составляла 1--3 суток. На контроле (без дренажа) уровни грунтовых вод в пахотном горизонте держались 10 суток, хотя он и располагается в верхней части склона.

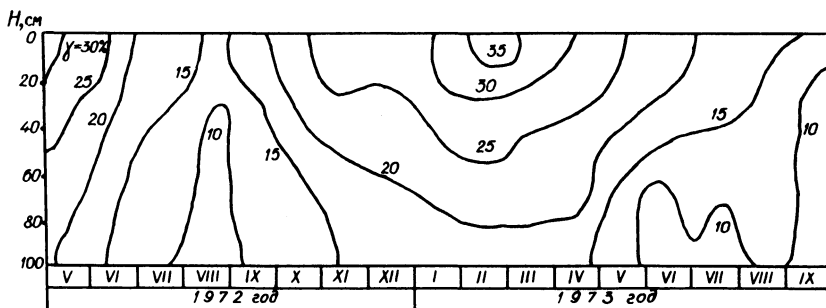
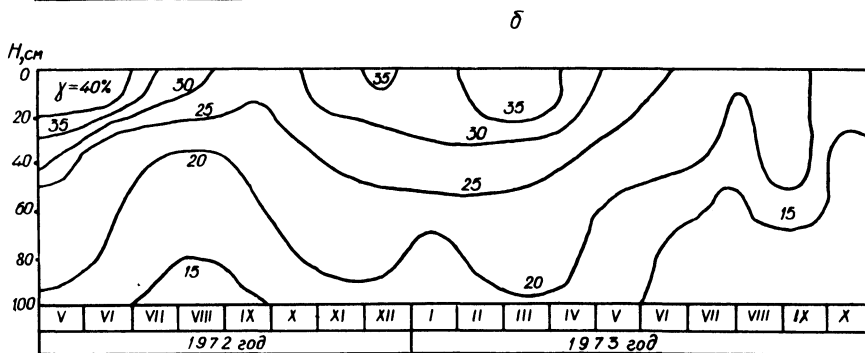
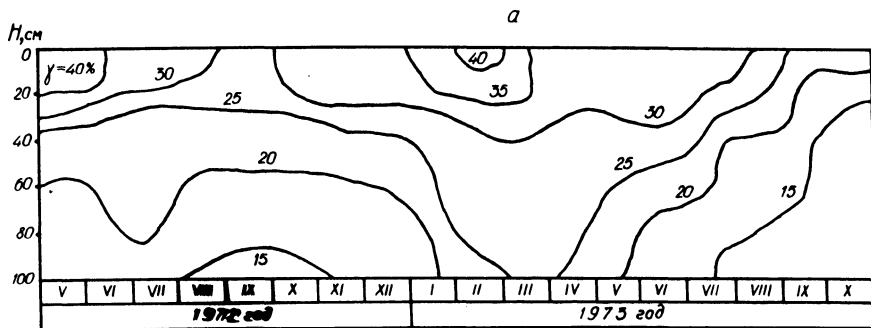


Рис. 3. Влажность (γ) почвы в нижней (а), средней (б) и верхней (в) частях склона:
Н-- глубина определения влажности.

Анализ показывает, что на одну и ту же дату кривые депрессии в нижней части склона, как правило, располагаются ближе к поверхности, чем в верхней части.

Влажность почвы также зависит от степени дренирования и элемента склона. Так, на дренажных системах со сравнительно

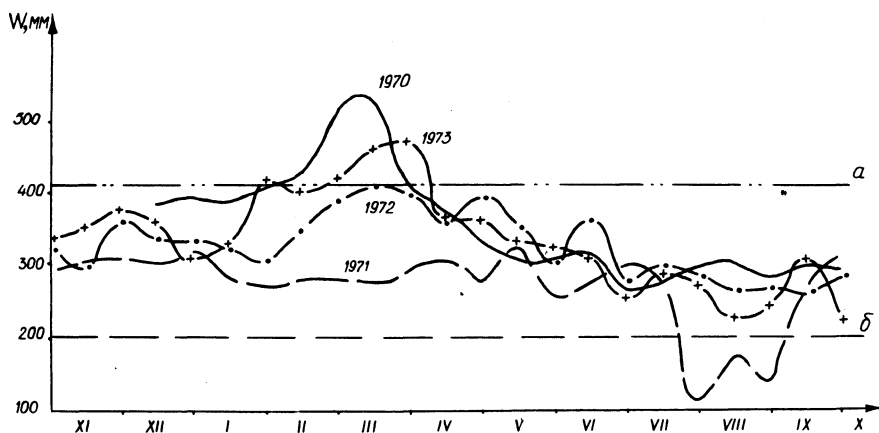


Рис. 4. Влагозапасы (W) в метровом слое почвы по годам:
 а — полная влагоемкость; б — нижняя граница оптимальных влагозапасов.

одинаковым микрорельефом влажность почвы возрастает с увеличением междренных расстояний. На склонах влажность почвы в нижних частях, как правило, более высокая, чем в его средней и верхней частях (рис. 3). На глубоком дренаже влажность ниже, чем на мелком.

Влагозапасы (рис. 4) в основном держались в пределах между полной влагоемкостью и нижней границей оптимальных влагозапасов, но весной 1970 г. и 1973 г. они поднимались выше полной влагоемкости, а в августе — сентябре 1971 г. опускались ниже границы оптимальных влагозапасов.

В ы в о д ы

1. На тяжелых минеральных почвах с уклоном поверхности до 1—1,5% основная масса избыточной воды в осенний период отводится дренажем. Весной преимущественно по мерзлой почве до 50% стока проходит по поверхности почвы. Следовательно, в критический период (весной) дренаж без дополнительных мероприятий по организации поверхностного стока (планировка поверхности, колодцы-водопоглотители и т.п.) не обеспечивает своевременного отвода избыточных вод.

2. Междренные расстояния при осушении минеральных почв с пересеченным рельефом необходимо устанавливать в зависимости от уклона поверхности и типа водного питания. Верхнюю часть склонов следует ограждать от притока воды извне нагорно-ловчими каналами или густой дренажной сетью. Нижняя часть склона также требует интенсивного осушения. В средней части склона расстояние между дренами можно увеличивать в 2—3 раза.

Л и т е р а т у р а

1. Рудой А.У., Брусиловский Ш.И. Исследование влияния параметров гончарного дренажа на водный режим почв тяжелого механического состава. — В сб.: Мелиорация переувлажненных земель. Т.20. Минск, 1972. 2. Брусиловский Ш.И., Козлов Е.М. Осушительное действие дренажа на участках с различными уклонами поверхности. — В сб.: Мелиорация переувлажненных земель. Т.20. Минск, 1972. 3. Писарьков Х.А. Анализ действия осушительных систем на минеральных почвах. "Труды СевНИИГиМ", 1963, вып. 20. 4. Зиберкас И.Л. Исследование водного режима и плодородия суглинистых почв, осушенных разреженным систематическим дренажем. Автореф. канд.дис. Каунас, 1963. 5. Кубышкин В.П. Об учете уклона местности при проектировании горизонтального дренажа на избыточно увлажненных землях. — В сб.: Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 19. Киев, 1971. 6. Бальчунас А., Лукянас А. Влияние уклона поверхности земли на гидрологическое действие дренажа. — "Труды ЛитНИИГиМ", 1968, т. 6.

А.И. Михальцевич

РАСЧЕТ КАПИЛЛЯРНОГО ПОДПИТЫВАНИЯ ПОЧВЫ ОТ ГРУНТОВЫХ ВОД

Проектирование и эксплуатация современных осушительно-увлажнительных и оросительных систем связаны с воднобалансовыми расчетами корнеобитаемого слоя почвы. Основными составляющими водного баланса этого слоя в течение вегетационного периода обычно являются атмосферные осадки, сум-