

06
КК 143

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

Т Р У Д Ы

КАЗАХСКОГО
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ТОМ VI

ВЫПУСК 4

ОРОШЕНИЕ

Москва 1971

06 -
КК-143

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР

Т Р У Д Ы

КАЗАХСКОГО
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ТОМ VI

ВЫПУСК 4

ОРОШЕНИЕ

Москва 1971

06+631.6:626.81/85

УДК 626.81

Редакционная коллегия

Э.Т.Беркалиев (главный редактор),
Ф.Н.Ким (зам.главного редактора),
В.М.Петрунин, Г.В.Воропаев, Н.В.Даниль-
ченкó, Х.С. Карешев, В.Ф. Кандрачук,
Р.А.Кван, С.А. Сарсекеев

Ответственный за IV выпуск Р.А.Кван

241237

Республиканская научная
сельскохозяйственная
БИБЛИОТЕКА

Том шестой Трудов Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства посвящен 100-летию со дня рождения Владимира Ильича Ленина и 50-летию Советского Казахстана. Он состоит из пяти выпусков, в первый из которых вошли статьи по вопросам обводнения и сельскохозяйственно-го водоснабжения, во второй - по вопросам гидротехники и гидравлики, в третьем и четвертом помещены статьи по вопросам орошения, а в пятом - по планированию и экономике водного хозяйства.

Четвертый выпуск "Орошение" включает статьи по сельскохозяйственной гидромелиорации, повышению продуктивности земель лиманного орошения, изучению способов и техники полива, механизации автоматизации оросительных систем, разработке методов и приборов для определения влажности почвы, регистрации испаряемости и изучения микроклимата. В выпуске содержатся практические предложения и рекомендации, которые могут быть использованы в практике проектирования, эксплуатации водохозяйственных сооружений и орошаемого земледелия.

Вин 10305

Редакционная коллегия

УДК 631.67:631.4

Ф.Ф.Вышпольский

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫВНЫХ ПОЛИВОВ НА РАССОЛЕНИЕ
ПОЧВО-ГРУНТОВ И ГРУНТОВЫХ ВОД В
ЗОНЕ АРЫСЬ-ТУРКЕСТАНСКОГО КАНАЛА

Неудачи при освоении засоленных и склонных к засолению земель объясняются тем, что проводимые здесь мероприятия по борьбе с вторичным засолением почво-грунтов разрабатываются без достаточного учета естественно-исторических условий формирования почво-грунтов и грунтовых вод; водохозяйственные организации как правило уделяют больше внимания ирригационному строительству, чем освоению земель под орошение.

Практика эксплуатации новых оросительных систем показала, что освоение земель под орошение требует больше капитальных затрат, чем само ирригационное строительство. Однако это обстоятельство не учитывается в зоне Арысь-Туркестанского канала, поэтому ирригационно-подготовленные земли используются неполностью и быстро выпадают из сельскохозяйственного оборота вследствие вторичного засоления.

Ликвидация засоления должна базироваться на строительстве дренажных систем и проведении мероприятий по рассолению почво-грунтов и поверхностных горизонтов грунтовых вод (промывка, влагозарядковые поливы, опреснительный режим орошения).

Общие принципы мелиорации засоленных земель излагаются многими авторами (И.С.Рабочев [9] , В.М.Легостаев [6], Б.В.Федоров [11] , В.С.Малыгин [7] , Э.С. Варунцян [3] , А.Т.Морозов [8] и др.) в разном толковании, но все они в основном сводятся к необходимости устранения причин, вызывающих засоление почв, путем регулирования водно-солевого режима.

Очень сильные изменения в водно-солевом режиме мелиорируемой территории произойдут при интенсивных промывках на фоне хорошо работающих дренажных систем. При этом прежде всего будет выполнено основное назначение дренажа - опреснение территории перед ее освоением.

Опытные участки, на которых проводились исследования по мелиоративному улучшению засоленных земель, расположены в зоне хлоридно-сульфатного типа соленакопления, которая занимает большую часть территории, подлежащей мелиоративному улучшению. Почвенный покров этой зоны представлен в основном тяжелыми суглинками, которые на глубине 30-70 см

сильно уплотнены. Объемный вес зоны аэрации (трехметровый слой почво-грунтов) равен 1,34-1,64, удельный вес - 2,62-2,72, скважность - 40-45%. Коэффициент фильтрации в трехметровом слое почво-грунтов колеблется от 0,3 до 0,6 м/сут. а в более глубоких горизонтах - 1-2 м/сут.

По техническому составу почво-грунты представлены хлоридно-сульфатным типом засоления с повышенным содержанием солей в верхнем двухметровом слое: 1-2% по плотному остатку, 0,2-0,5% по хлору. С глубиной степень засоления резко снижается и глубже 4 м не превышает 0,3% по плотному остатку. Уровень грунтовых вод перед промывкой находился на глубине 2,5-3,5 м, а минерализация колебалась в пределах 8-15 г/л.

Промывка проводилась только на фоне хорошо работающего горизонтального дренажа, т.к. при близком залегании уровня грунтовых вод дренаж повышает эффективность промывок в 2-3 раза (И.С.Рабочев [9], В.М.Легостаев [6], В.С.Малыгин [7] и др.).

Для детального изучения процессов удаления солей из почво-грунтов зоны аэрации путем промывок была изучена эффективность пяти промывных норм (4500; 8500; 13000; 28000 и 41000 м³/га). Первые четыре нормы испытывались в осенне-зимний период, а последняя - в летний при одновременном возделывании риса. Основные итоги этих работ излагаются ниже.

Промывная норма 4500 м³/га

Промывка проводилась по общепринятым правилам. Промывная норма подавалась в четыре приема по 1000-1200 м³/га с интервалом 4-5 дней. Результаты химических анализов (табл. I)

характеризуют количественные и качественные изменения солей, которые произошли в почво-грунтах под влиянием промывок.

Из данных таблицы видно, что общее уменьшение солей наблюдается по плотному остатку до 1 м, по сумме вредных солей и хлору - до 1,5 м. При этом отмечается увеличение содержания солей во втором и третьем метрах. Общая картина рассоления почво-грунтов по вертикальному профилю хорошо иллюстрируется результатами анализов. При увеличении содержания солей в горизонтах ниже 1 м зоны аэрации статические запасы их на мелиорируемой территории остаются практически без изменения. Обусловлено это тем, что при удовлетворительном опреснении верхнего метра почво-грунтов запасы солей в зоне аэрации уменьшились всего на 0,12% по плотному остатку, на 0,18% по сумме вредных солей и на 0,05 по хлору, а минерализация грунтовых вод повысилась с 8-10 до 14-16 г/л.

Исходя из данных нет основания утверждать, что наступило коренное улучшение мелиоративного состояния промытых земель даже после удовлетворительного рассоления верхнего

метра почв, когда создаются условия для выращивания сельскохозяйственных культур. Это подтверждается данными табл.2,

Таблица I

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после промыв- ки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-10	0,940	0,223	0,720	0,095	0,221	0,012
10-20	0,947	0,237	0,723	0,101	0,203	0,016
20-30	1,024	0,351	0,738	0,151	0,161	0,014
30-50	1,479	0,402	1,034	0,183	0,191	0,013
50-70	2,038	1,053	1,288	0,337	0,198	0,015
70-100	1,939	1,208	1,150	0,466	0,215	0,016
100-120	1,145	1,277	0,847	0,603	0,155	0,054
120-150	1,095	1,429	0,745	0,733	0,133	0,094
150-200	0,810	1,225	0,520	0,760	0,098	0,153
200-250	0,623	0,935	0,413	0,591	0,083	0,132
250-300	0,375	0,698	0,249	0,371	0,073	0,091
300-400	0,330	0,508	0,232	0,276	0,058	0,076

где показано изменение запасов солей в зоне аэрации под влиянием промывок нормой 4500 м³/га - в два раза меньшей расчетной величины, полученной по формуле В.Р.Волбуева.

Таблица 2

Горизонты, см	Плотный остаток!		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-100	211,2	105,3	137,8	38,8	26,9	2,0
100-200	149,2	203,6	95,2	112,9	17,5	18,1
200-300	79,8	131,4	51,0	77,3	12,1	17,9
0-300	440,2	440,3	284,0	229,0	56,5	38,0

Уменьшение запасов солей в верхнем метровом слое почво-грунтов на 106 т/га по плотному остатку, на 99 т/га по сумме вредных солей и 25 т/га по хлору обуславливает увеличение этих запасов во втором и третьем метрах на 106 т/га по плотному остатку, 44 т/га по сумме вредных солей и 65 т/га по хлору. Общее содержание солей (по плотному остатку) в зоне аэрации осталось без изменения вследствие перехода гипса в растворимое состояние. Однако запасы вредных солей уменьшились на 55, а хлор-ионы - на 18,5 т/га. Количество солей в грунтовых водах увеличилось при этом на 20-30 т/га. Таким образом, запасы солей в четырехметровой толще почво-грунтов и в поверхностных горизонтах грунтовых вод уменьшилось всего на 30-40 т/га, что указывает на низкую эффективность малых промывных норм.

Из вышеизложенного следует, что солевой баланс четырехметровой толщи почво-грунтов и грунтовых вод под влиянием промывок нормами менее 5 тыс. м³/га почти не изменяется, т.к. происходит в основном перераспределение солей по вертикальному профилю в пределах четырехметрового слоя. Следовательно, указанные промывные нормы не дают должного мелиоративного эффекта и на промытых землях при возделывании культур-освоителей необходимо применять опреснительный режим орошения.

Промывная норма 8500 м³/га.

Результаты химических анализов (табл. 3) отражают те качественные и количественные изменения в составе солей, которые произошли в почво-грунтах под влиянием промывок. Из данных анализов следует, что с увеличением промывной нормы до 8,5 тыс. м³/га во второй метр почво-грунтов начали поступать почвенные растворы с меньшей концентрацией, чем при промывках нормами 4,5 тыс. м³/га. Это повышает выщелачивающую способность профильтровавшейся воды и, как следствие, увеличивает мощность опресняемого слоя до 2 м и более.

Таблица 3

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-10	1,693	0,200	1,275	0,075	0,419	0,011
10-20	1,607	0,150	1,172	0,078	0,345	0,013
20-30	1,686	0,156	1,124	0,094	0,276	0,011
30-50	1,516	0,194	1,055	0,079	0,225	0,018
50-70	1,796	0,477	0,989	0,222	0,193	0,026
70-100	1,666	0,869	0,814	0,344	0,162	0,042
100-120	1,681	1,043	0,875	0,407	0,155	0,065
120-150	1,104	1,210	0,599	0,445	0,113	0,067
150-200	0,359	0,952	0,482	0,480	0,087	0,062
200-250	0,569	0,855	0,378	0,503	0,082	0,076
250-300	0,525	0,526	0,406	0,376	0,071	0,074
300-400	0,326	0,399	0,269	0,303	0,064	0,090

Почво-грунты опресняются до допустимых пределов по плотному остатку (0,3%) и сумме вредных солей (0,25%) на 0,7-1,0 м. Глубже этих горизонтов запасы солей резко возрастают и с 1-1,2 м составляют более 1% по плотному остатку и 0,4% по сумме вредных солей. Это указывает на недостаточную эффективность данной промывной нормы (близкая к расчетной величине, полученной по формуле В.Р.Волобуева [4]).

Следует отметить, что с увеличением отношения плотного остатка к хлору повышается устойчивость почвы против реставрации засоления [9]. В нашем случае это отношение увеличилось для первого метра с 6 до 18, для второго - с 10 до 16, а для трехметрового слоя - всего с 8 до 14. Значит, трехметровый слой почво-грунтов опреснен недостаточно. Это подтверждают результаты полевых исследований, которые сведены в табл. 4.

Таблица 4

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-60	222,57	63,78	135,34	28,31	31,62	3,58
100-200	160,01	164,69	86,87	69,76	15,77	10,05
200-300	84,08	111,25	60,37	70,03	11,86	11,43
0-300	466,6	339,72	282,58	168,10	59,25	25,06

Из данных табл. 4 следует, что под влиянием промывок нормой 8,5 тыс. м³/га запасы солей в зоне аэрации уменьшились на 126 т/га по плотному остатку, на 114 т/га по сумме вредных солей и на 24 т/га по хлориду. Уменьшение запасов солей в зоне аэрации обусловило увеличение их в поверхностных горизонтах грунтовых вод на 40-60 т/га. Таким образом,

количество солей в четырехметровом слое почво-грунтов уменьшилось примерно на 60-80 т/га, что составляет менее 20% от исходного их содержания.

Естественно, что незначительное уменьшение статических запасов солей в зоне аэрации не ликвидирует причины, вызывающие вторичное засоление на промытых землях в период их освоения, т.к. при малейшем нарушении гидро- и агротехнических мероприятий соли, находящиеся в больших количествах во втором и третьем метрах, быстро переместятся в поверхностные горизонты почв и вызовут вторичное засоление; это обусловит выпадение промытых земель из сельхозоборота.

Для закрепления достигнутого опреснения почво-грунтов в период промывок и предотвращения сезонного засоления в период освоения необходимо применять опреснительный режим орошения при возделывании культур-освоителей, т.е. расчетные оросительные нормы следует повышать на 20-30%, а предполивную влажность не опускать ниже 70-75%.

Промывная норма 12 тыс. м³/га

Применение промывной нормы примерно в полтора раза большей расчетных величин, полученных по формуле В.Р.Волобуева [4], увеличивает глубину опреснения зоны аэрации до 2,5 м (табл. 5).

Однако глубина опреснения почво-грунтов до допустимых пределов составила 0,7 м по плотному осадку, 1,2 м по сумме вредных солей и 1,5 м по хлору. При этом минерализация грунтовых вод увеличилась незначительно (менее 3 г/л).

Таблица 5

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-10	0,834	0,130	0,683	0,123	0,053	0,014
10-20	0,765	0,147	0,643	0,134	0,048	0,014
20-30	0,843	0,149	0,718	0,171	0,045	0,012
30-50	1,071	0,071	0,885	0,204	0,050	0,011
50-70	1,465	0,370	1,098	0,209	0,164	0,011
70-100	1,924	0,781	1,486	0,239	0,206	0,012
100-120	1,850	1,046	1,418	0,244	0,230	0,015
120-150	1,809	1,114	1,214	0,620	0,243	0,020
150-200	1,652	1,224	1,132	0,759	0,479	0,050
200-250	1,321	1,484	0,949	1,005	0,176	0,101
200-300	1,082	1,550	0,726	1,222	0,119	0,155

Незначительное накопление солей в третьем метре зоны аэрации при удовлетворительном опреснении двухметровой

толщи почво-грунтов обуславливает отрицательный солевой баланс на мелиорируемой территории указанными нормами. Это подтверждается данными табл. 6, в которой показано изменение запасов солей (т/га) в почво-грунтах под влиянием промывок нормой 12 тыс. м³/га.

Таблица 6

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-100	192,71	55,82	151,67	37,26	15,51	1,74
100-200	264,33	175,56	184,53	102,45	33,29	5,17
200-300	196,96	248,79	136,47	162,53	24,11	20,99
0-300	654,00	480,18	472,67	302,24	72,91	27,90

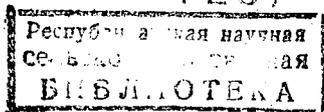
Сравнивая по табл. 6 запасы солей в зоне аэрации до и после промывок, можно сделать вывод, что мелиоративное состояние засоленных земель, промытых нормами 12 тыс. м³/га, значительно улучшилось, т.к. в верхнем метре почво-грунтов произошло сильное уменьшение содержания солей: по плотному остатку со 193 до 56 т/га, по сумме вредных солей - со 152 до 37 и хлору с 16 до 2 т/га. При этом запасы солей во втором метре уменьшились на 89 т/га по плотному остатку, на 82 т/га по сумме вредных солей и на 28 т/га по хлору.

Хорошее рассоление второго метра почво-грунтов повышает устойчивость промытых земель против засоления в период их освоения, т.к. условия, порождающие эти процессы, резко ослабляются вследствие уменьшения запасов солей в зоне аэрации. Это указывает на целесообразность применения данной промывной нормы, которую можно получить расчетным путем по формуле В.Р.Волобуева, если применить следующие значения параметра d : для хлоридного засоления - 1,7, для хлоридно-сульфатного - 1,85 и сульфатно-натриевого - 2,0.

Промывная норма 28 тыс. м³/га

Некоторые исследователи [3, 10] предлагают в течение одного года полностью опреснить ~~зону~~ аэрации и частично грунтовые воды путем подачи больших промывных норм. Ниже приводятся результаты исследований по промывкам засоленных земель нормами, превышающими расчетные величины почти в 4 раза (табл. 7). Промывка осуществлялась по крупным чекам. После подачи 8-10 тыс. м³/га делали перерыв на 10-12 дней.

Трехметровая толща почво-грунтов хорошо опресняется в основном за счет изменения содержания вредных солей (их в зоне аэрации стало более чем в три раза меньше). Однако рассоление почво-грунтов до допустимых пределов произошло на следующие глубины: 0,9 м по плотному остатку, 3 м по



сумме вредных солей и более 3 м по хлору. Минерализация грунтовых вод понизилась на 2-3 г/л.

Малая глубина опреснения почво-грунтов до допустимых пределов по плотному остатку объясняется тем, что с глубины 0,7-0,8 м залегают гипсовые горизонты, твердая фаза которых с уменьшением концентрации почвенных растворов растворяется и пополняет запасы солей, вынесенных промывными

Таблица 7

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-20	0,930		1,593		0,628	
20-40	1,181	0,155	1,541	0,092	0,562	0,035
40-60	2,259	0,285	1,575	0,106	0,472	0,040
60-80	1,989	0,239	1,372	0,170	0,372	0,081
80-100	1,830	0,313	1,114	1,146	0,273	0,035
100-120	1,367	0,385	0,827	0,063	0,180	0,025
120-140	1,313	0,303	0,692	0,062	0,128	0,026
140-160	1,094	0,402	0,520	0,107	0,093	0,020
160-180	0,780	0,337	0,394	0,071	0,059	0,027
180-200	0,809	0,329	0,423	0,086	0,068	0,011
200-250	0,764	0,304	0,366	0,072	0,022	0,011
250-300	0,682	0,378	0,360	0,130	0,046	0,019

водами. Поэтому степень рассоления почво-грунтов следует определять не по плотному остатку, а по сумме вредных солей.

Хорошее рассоление зоны аэрации по сумме вредных солей обуславливает коренные изменения в соотношении вредных солей и солей кальция. Так, например, после промывок из общего количества солей, оставшихся в зоне аэрации на долю буферных приходится около 70%. Следовательно, хотя данные почво-грунты содержат значительное количество солей в нижележащих горизонтах, они обладают хорошими химическими свойствами, т.к. оставшиеся соли представлены в основном сульфатами кальция, безвредными для сельскохозяйственных культур. Качественные и количественные изменения солевого состава трехметровой толщи почво-грунтов хорошо иллюстрируются данными табл. 8 (промывки нормой 28 тыс. м³/га).

Таблица 8

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-100	245,67	70,50	194,34	25,45	52,34	2,00
100-200	188,4	135,96	106,12	27,00	23,86	2,67
200-300	81,79	90,48	55,55	44,30	10,3	3,7
0-300	515,86	296,94	356,01	96,75	86,50	8,37

Общие запасы солей (по плотному остатку) уменьшились в верхнем метре почво-грунтов с 245 до 70 т/га, во втором — со 188 до 136 т/га, а в третьем произошло некоторое их увеличение — с 81 до 90 т/га. Однако запасы вредных солей сократились почти в 3,5 раза. Особенно сильное уменьшение вредных солей произошло в двухметровом слое, где их осталось всего 52 т/га при исходном содержании 300 т/га.

Применение данной промывки нормы обеспечило опреснение зоны аэрации как по хлору, так и по сумме вредных солей до допустимых пределов даже в тех случаях, когда до промывок в верхнем метре почво-грунтов содержание хлора достигало 0,45%, а вредных солей 1,5%. Уменьшение количества хлора более чем в 8 раз и суммы вредных солей в 3,5 раза коренным образом улучшает мелиоративное состояние промываемых земель. Это подтверждают исследования В.А.Ковды [5] и С.Ф.Аверьянова [1], которые считают, что мелиоративный эффект от промывок будет устойчивым, если зона аэрации и поверхностных горизонтов грунтовых вод в достаточной степени опреснена.

Однако следует отметить, что не вся площадь промытых земель может быть освоена без дополнительных мероприятий, ибо после разравнивания оградительных наддренных и поперечных валиков, при нарезке которых создавались чеки, часть промытых земель оказалась погребенной. Это обусловлено тем,

что при развалке валиков непромытый грунт ложился на промытый и поверхностные горизонты почв (мощностью около 20 см) содержат повышенное количество солей: 0,7-1,5% по плотному остатку и 0,2-0,4% по хлор-иону. Естественно, что при таком высоком содержании хлористых солей нельзя будет получить всходы сельскохозяйственных растений; поэтому полосы засоленных земель, появляющиеся после разравнивания валиков, следует повторно опреснять промывками нормой 2,5-3 тыс. м³/га.

Промывная норма 41 тыс. м³/га

Промывка проводилась в летнее время при культуре риса. Выращивание риса осуществлялось при постоянном затоплении по мелким чекам, строительство которых исполнялось палоделателем КЗУ-15. Вода в чеки подавалась из временных оросителей. Перепуск воды из чека в чек осуществлялся с помощью полиэтиленовых или асбоцементных труб диаметром 100-150 мм, длиной 0,6-0,8 м. Амбарный урожай риса в зоне Арысь-Туркестанского канала обычно колеблется в пределах 25-35 ц/га.

Выращивание риса на засоленных землях, обеспеченных искусственной дренированностью, позволяет не только получать хорошие урожаи этой ценной сельскохозяйственной культуры (25-35 ц/га), но и рассолять почво-грунты и поверхностные горизонты грунтовых вод. В связи с этим большой интерес

представляют фактическая глубина и степень рассоления, что в конечном итоге определяет эффективность применяемого мелиоративного мероприятия.

Промывка засоленных земель с помощью посевов риса обусловила хорошее опреснение зоны аэрации (таб. 9) и частично поверхностных горизонтов грунтовых вод, минерализация которых понизилась с 8-12 до 4-6 г/л. Но опреснение почвогрунтов до допустимых пределов (содержание солей по всем горизонтам не превышает 0,25%) происходит на всю глубину 2,5-3 м за счет сильного уменьшения вредных солей ($NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, Na_2SO_4 , $MgSO_4$ и др.), запасы которых сократились более чем в шесть раз. Однако количество общих солей (по плотному остатку) в зоне аэрации уменьшилось менее чем в три раза (с 580 до 215 т/га), что указывает на пониженную солеотдачу гипса.

Из данных химических анализов (табл. 9) следует, что интенсивность выноса солей из 2-го и 3-го метра почвогрунтов определяется не только величиной промывной нормы, но и реакциями обмена, происходящими в период промывок между почвогрунтами и нисходящими потоками поливных вод.

Наличие большого количества солей во втором метре почвогрунтов после промывки находится в прямой зависимости от мощности гипсового горизонта, так как вынос сульфатов наблюдается даже в горизонтах, расположенных ниже зеркала

грунтовых вод. Это указывает на то, что незначительные изменения содержания солей по плотному остатку обусловлены не малой их подвижностью, а переходом гипса в растворимое состояние, когда снижается концентрация почвенного раствора вследствие выноса солей промывными водами.

Таблица 9

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-20	0,236	0,122	0,179	0,082	0,012	0,013
20-40	0,490	0,130	0,456	0,089	0,043	0,008
40-60	1,130	0,480	0,933	0,069	0,013	0,006
60-80	1,350	0,816	1,085	0,099	0,013	0,012
80-100	1,846	0,820	1,231	0,101	0,008	0,008
100-120	2,403	0,628	1,700	0,081	0,008	0,006
120-140	2,150	0,461	1,996	0,151	0,007	0,008
140-160	2,493	0,489	2,139	0,165	0,007	0,008
160-180	2,094	0,388	1,177	0,150	0,010	0,005
180-200	1,968	0,465	1,638	0,207	0,007	0,006
200-250	1,424	0,383	1,190	0,213	0,010	0,010
250-300	1,062	0,424	0,870	0,314	0,010	0,007

Солевой баланс (табл. 10) пятиметровой толщины почво-грунтов и грунтовых вод резко улучшился, ибо запасы вредных солей уменьшились в зоне аэрации на 383 т/га (при исходном солесодержании 454 т/га), что составляет более 80%. При этом в нижележащих горизонтах (с 3 до 5 м) также произошло уменьшение количества солей на 80 т/га, что составляет около 50% от исходных величин. Таким образом, запасы вредных солей в пятиметровой толще почво-грунтов и грунтовых вод уменьшились на 463 т/га, или на 73%, что коренным образом улучшает мелиоративное состояние мелиорируемых земель и обеспечивает устойчивость промытых земель против вторичного засоления в период их освоения.

Таблица 10

Горизонты, см	Плотный остаток		Сумма вредных солей		Хлор-ионы	
	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки	до про- мывки	после про- мывки
0-100	130	42,0	94,5	18,0	8,8	1,0
100-200	292	109,0	186,5	27,6	41,6	1,35
200-300	218	65,5	173,4	25,7	42,5	1,2
0-300	640	216,5	454,4	71,3	92,9	3,55

Все вышесказанное дает основание считать, что промывка засоленных земель при одновременном возделывании риса на

фоне хорошо работающего дренажа обуславливает хорошее опреснение почво-грунтов и частично-поверхностных горизонтов грунтовых вод. Успешное мелиоративное действие риса объясняется не самой культурой риса, а влиянием большого количества оросительной воды, которая при вертикальной фильтрации растворяет соли и выносит их за пределы зоны аэрации. При этом следует отметить, что выноса солей сбросными водами не наблюдается, т.к. минерализация поступающей и сбросной воды в течение вегетации была одинакова. Это обусловлено тем, что под действием дренажа соли, содержащиеся в поверхностных горизонтах почвы, растворяют первые порции оросительной воды и выносят их в более глубокие горизонты.

Выбор и обоснование рациональной промывной нормы

Эффективность промывных норм определяется не только количественной стороной, но и качественным содержанием солей, оставшихся в почво-грунтах и грунтовых водах после промывок. При этом необходимо учитывать экономическую сторону дела, особенно в условиях Арысь-Туркестанской оросительной системы, когда вода на промывку подается из водохранилища. В этом случае вода приобретает высокую стоимость. Кратко рассмотрим все названные аспекты.

Изменение качественного состава солей после промывок происходит вследствие неодинаковой их растворимости. Данные химических анализов (табл. 1, 3, 5, 7, 9) указывают на легкую растворимость хлористых и сернокислых солей. Однако интенсивность удаления солей хлора выше, чем сульфатов. Если построить график энергии удаления различных солей, то получится возрастающая кривая от плотного остатка к хлору. Сернокислые соли кальция и магния расположатся ближе к плотному остатку, а натрия — к хлору.

Такое явление наблюдается в рассматриваемых опытах, когда после промывок содержание солей хлора уменьшается в несколько раз больше, чем сернокислого кальция и магния. Так, после промывок нормой 4,5 тыс. м³/га запасы солей по плотному остатку уменьшились в два раза, а по сумме вредных солей — более чем в 3,5 раза. Подобные изменения качественного состава солей отмечаются в работах многих авторов (В.С.Малыгин [7], Б.И.Белкина [2] и др.). По данным Б.И.Белкиной [2], повышение содержания буферных солей (в основном — сульфаты кальция и отчасти магния) является положительным фактором, способствующим понижению токсичности вредных солей. Поэтому степень засоления почво-грунтов, вышедших из-под промывки, необходимо определять не по плотному остатку, а по сумме вредных солей, расчет которых производится по следующей зависимости:

$$E = \frac{(C-D+A)}{20,8} + B + e + f,$$

где E - сумма вредных солей;

другие значения берутся из табл. II.

Таблица II

Ионы	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	$Na+K$
M^2 -экв	A	B	C	D	E	F
%	a	b	c	d	e	f

Интенсивность выщелачивания солей зависит прежде всего от их исходного содержания в почве. Чем больше засолена почва, тем выше интенсивность выщелачивания. По данным В.Р.Волобуева, при увеличении засоления с 0,8 до 4,6% эффективность удаления солей единицей объема промывной воды увеличилась в шесть раз. Аналогичная картина наблюдалась в наших исследованиях. Например, на опытно-производственном участке площадью 65 га под влиянием промывок в районе скважины № 36 произошло опреснение почво-грунтов на 0,904% по плотному остатку, 0,835% по вредным солям и на 0,470 по хлору. В районе скважины № 26 почво-грунты опреснились на 1,615% по плотному остатку, на 1,310% по вредным солям и на 0,46% по хлору. Разница в выносе солей объясняется исходным их содержанием.

Начальное содержание солей на участке скважины № 36 было 1,20%, а в районе скважины № 26 - 1,984 (данные по содержанию солей приводятся на метровый слой почво-грунтов). Следовательно, интенсивность выщелачивания солей находится в прямой зависимости от их исходного содержания.

Другим, не менее важным фактором, влияющим на интенсивность выщелачивания солей, является степень минерализации фильтрационных и грунтовых вод. В начальный период промывок погружение солей идет тем глубже, чем больше разница в минерализации грунтовых и фильтрующихся вод. К концу промывок (в нашем случае промывная норма 12 тыс. м³/га и выше) эта разница выравнивается, поэтому снижается интенсивность выщелачивания солей, так как исчезают конвективные силы [8], возникающие при резкой плотности солевых растворов. Таким образом, интенсивность выщелачивания солей зависит от исходной степени засоления, видового состава солей и минерализации грунтовых вод.

Выше было сказано, что интенсивность удаления солей единицей объема промывной воды резко возрастает при увеличении степени засоления. Поэтому для установления расхода воды на вынос единицы солей мы использовали почво-грунты с засолением верхнего метра около 1,5%, а зоны аэрации - 1%. При уменьшении или увеличении степени засоления расход воды

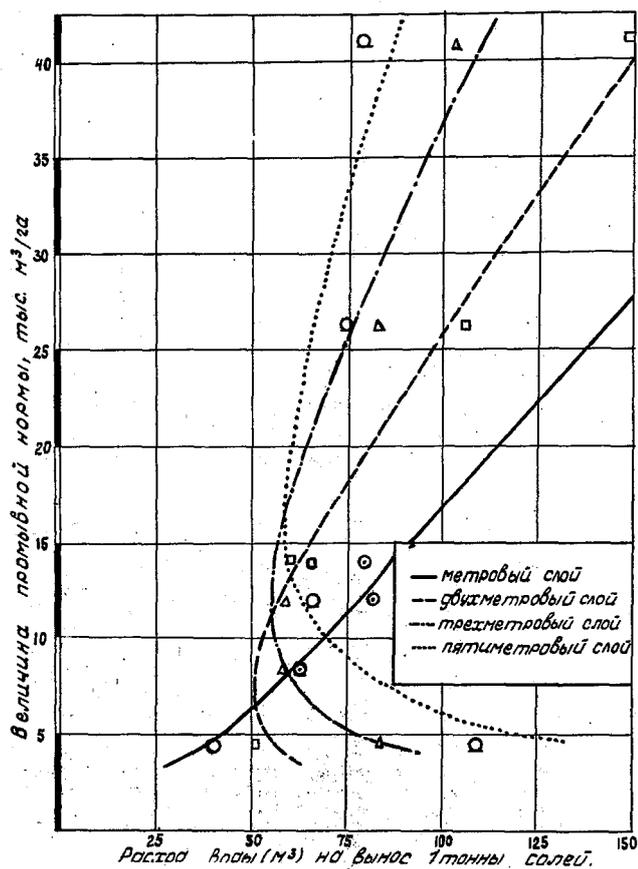
на вынос единицы солей будет соответственно уменьшаться или увеличиваться, но выявленная закономерность останется прежней.

При промывке нормой 4,5 тыс. м³/га (почти в два раза меньше расчетной величины, полученной по формуле В.Р.Волобуева) эффективность опреснения верхнего метра почво-грунтов очень высокая. На вынос 1 т вредных солей затрачивается около 40 м³ воды. Однако при данной промывной норме происходит интенсивное накопление солей во втором и третьем метрах, что указывает на незначительные изменения в солевом составе мелиорируемых земель. Это подтверждается тем, что затраты воды на вынос 1 т соли из зоны аэрации очень высокие и составляют около 150 м³ (см. рисунок).

С увеличением промывной нормы до 8,5 тыс. м³/га (близкая к расчетной величине) затраты воды на вынос 1 т вредных солей из верхнего метра почво-грунтов увеличиваются с 40 до 50 м³, а из зоны аэрации сокращаются почти в три раза (с 150 до 52 м³). Это связано с увеличением глубины опреснения почво-грунтов, что в свою очередь коренным образом улучшает мелиоративное состояние промываемых земель.

Применение промывной нормы 12 тыс. м³/га (примерно в полтора раза больше расчетной величины) увеличивает расход воды на вынос 1 т вредных солей из верхнего метра до 70 м³. Однако затраты воды на вынос 1 т вредных солей из зоны аэра-

ции практически не изменяются и составляют 54 м^3 (см. рисунок). Это обусловлено интенсивным выносом вредных солей из 2-го и 3-го метра зоны аэрации, что повышает устойчивость



Расход воды на вынос единицы солей из почво-грунтов в зависимости от величины промывной нормы

промытых земель против вторичного засоления в период их освоения.

Дальнейшее увеличение промывных норм повышает расход воды на вынос вредных солей не только из верхнего метра почво-грунтов, но и из зоны аэрации. Так, при промывках нормой 28 тыс. м³/га расход воды на вынос 1 т вредных солей составил для верхнего метра 145 м³, для зоны аэрации - 90 м³, а при промывной норме 41 тыс. м³/га - соответственно 120 и 220 м³. Увеличение затрат воды на вынос 1 т вредных солей из верхнего метра почво-грунтов и из зоны аэрации указывает на снижение эффективности промывных норм, которые превышают расчетные величины, полученные по формуле В.Р.Волобуева, более чем в 1,5 раза.

Технико-экономические и агрономические соображения

Сроки промывок и величину промывных норм следует назначать не только из потребности достаточного опреснения почво-грунтов но и из технико-экономических и агрономических соображений. Кроме того, следует учитывать, откуда поступает вода на промывку - из Бугуньского водохранилища или транзитом из рек Бугунь и Арысь.

Система Арысь-Туркестанского канала, рассчитана на использование свободного стока рек Бугунь и Арысь. Свободный

сток этих рек при 75% обеспеченности составляет около 1000 млн. м³ (Д.Сарыкулов, 1964 г.), а емкость Бугуньского водохранилища - 370 млн. м³. При полном освоении земель в зоне Арысь-Туркестанского канала потребность в воде составит около 800 млн. м³, следовательно половина водопотребления данного массива орошения удовлетворяется за счет стока рек Бугунь и Арысь и половина - из самого водохранилища.

Поступление воды на оросительную систему из реки Арысь прекращается в мае, возобновляется в сентябре. В период, когда забор воды прекращается, потребность в воде удовлетворяется за счет емкости водохранилища. Поэтому организации промывок необходимо планировать так, чтобы было учтено не только время проведения промывок, но и наличие свободных водных ресурсов.

Например, в осенне-зимний период, когда прекращаются вегетационные поливы, воду из указанных рек можно использовать на промывку. В зимне-весенний период, когда идет заполнение водохранилища и производятся влагозарядковые поливы, а также вегетационные поливы сельхозкультур (зерновые, травы и т.д.), промывку проводить нецелесообразно, так как в это время вследствие подъема уровня грунтовых вод будет резко ухудшаться их эффективность.

В летнее время года промывки могут осуществляться только за счет водных ресурсов водохранилища. Поэтому в началь-

ный период освоения, когда имеются свободные ресурсы, промывки целесообразно проводить при культуре риса. Это позволит не только опреснять почво-грунты, но и получать урожай риса, при реализации которого полностью окупаются затраты, необходимые на проведение промывок.

При росте освоенных площадей свободные запасы воды в водохранилище резко сократятся, поэтому нельзя проводить промывки в летнее время при культуре риса. Целесообразны осенне-зимние промывки, когда достигается наибольший эффект и имеется свободная вода, стоимость которой не превышает 0,06-0,08 коп. за 1 м³. При увеличении промывных норм и наличии дешевой воды стоимость промывок увеличивается в основном за счет повышения оплаты труда поливальщиков. Поэтому при увеличении промывных норм в 1,5 раза относительно расчетных величин промывку необходимо проводить по большим чекам. Это позволит повысить производительность труда рабочих, выполняющих промывки.

Из приведенных данных следует, что для повышения устойчивости промытых земель против вторичного засоления в период их освоения необходимо опреснять не только верхний метр почво-грунтов, но и нижележащие горизонты зоны аэрации. Это достигается путем проведения промывок на фоне дренажных систем нормами, превышающими расчетные величины [4] в полтора и более раза. Особенно хорошие результаты

по опреснению почво-грунтов были получены при культуре риса. Промывка засоленных земель при одновременном возделывании риса эффективна не только с точки зрения глубины и степени опреснения почво-грунтов и грунтовых вод, но и капитальных затрат, так как средства, вложенные в ее осуществление, полностью возмещаются после реализации полученной продукции. Однако проводить такие промывки можно только на небольших площадях (менее 500 га) в начальный период освоения, когда в летнее время имеется некоторое количество свободной воды. Таким образом, основную площадь засоленных земель необходимо рассолять в невегетационный период с помощью промывок, которые дают наилучший эффект в осенне-зимний период.

Л и т е р а т у р а

1. Аверьянов С.Ф. Горизонтальный дренаж по борьбе с засолением орошаемых земель. М., Изд. АН СССР, 1959.
2. Белкина В.И. О солевых сливках хлопчатника в условиях Аму-Дарьи. Труды VI сессии АН ТССР, 1954.
3. Варунция Э.С. Форсированная промывка засоленных земель. "Хлопководство", 1963, № 4.
4. Волобуев В.Р. Промывка и дренаж засоленных почв. Сб. Проблемы засоления почв и водных источников. М., изд. АН СССР, 1960.

5. Ковда В.Л. Основы теории и практики мелиорации и освоения засоленных почв аридной зоны. Сб. Проблема засоления почв и водных источников. М., изд. АН СССР, 1960.

6. Легостаев В.М. Дренаж засоленных земель. М., Сельхозгиз, 1952.

7. Малыгин В.С. Мелиорация засоленных земель Средней Азии Сб. "Проблемы ирригации республик Средней Азии", Ташкент, 1934.

8. Морозов А.Г. Теоретический учет особенностей промывок засоленных почв. Сб. "Мелиорация Кара-Араксинской низменности". М., изд. АН СССР, 1962.

9. Рабочев И.С. Мелиорация засоленных почв. Ашхабад, Туркмениздат, 1964.

10. Рамазанов А. Опыт ускоренного рассоления засоленных земель. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. наук, Ашхабад, 1964.

11. Федоров Б.В. Агромелиоративное районирование зоны орошения Средней Азии. Ташкент, изд. АН Уз.ССР, 1953.

УДК 633.18:631.6

Ф.Ф.Вышпольский, М.Баженов

К ВОПРОСУ МЕЛИОРАТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ РИСОВЫХ
СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

В настоящее время выполняется большой объем гидромелиоративных работ по созданию новых рисовых систем в бассейнах Сырдарьи и Или. Внедрение здесь более эффективных способов регулирования водно-солевого режима почв позволит получать высокие и устойчивые урожаи риса и других сельскохозяйственных культур рисового севооборота.

Районы, где осуществляется строительство новых рисовых оросительных систем, относятся к аридной зоне и для них характерен резкий континентальный климат с жарким сухим летом и малым количеством атмосферных осадков. Испаряемость здесь достигает 1500 мм и более. Гидрогеологические условия характеризуются высоким залеганием уровня минерализованных грунтовых вод и их затрудненным оттоком. Основной расходной статьей водного баланса этих районов являются испарение и транспирация. Условия для накопления солей в почво-грунтах и грунтовых водах при освоении ирригацион-

но-подготовленных земель благоприятны, так как имеются большие площади с естественно-засоленными почвами.

Орошение таких земель коренным образом меняет водно-солевой баланс орошаемого района и обычно приводит к вторичному засолению и заболачиванию почво-грунтов. Необходимость применения при возделывании риса больших оросительных норм (20-25 тыс. м³/га и выше) существенно изменяет исторически сложившийся гидрогеологический режим территории. Грунтовые воды приближаются к поверхности, увеличивается их расход на испарение и транспирацию. Земли рисового севооборота засоляются и заболачиваются. Без учета всех этих условий нельзя получать в течение длительного срока высокие и устойчивые урожаи риса и других сельскохозяйственных культур.

Специфика орошения риса позволяет возделывать его на засоленных землях. Этому способствует непрерывное поддержание определенного слоя воды на поверхности поля, благодаря чему можно опреснять 10-20-сантиметровый слой почвы. Этого обычно достаточно для получения урожаев риса. Поэтому иногда ошибочно считают, что рис является "мелиорирующей" культурой. На самом же деле некоторое рассоление почв на рисовых полях происходит за счет перемещения солей под действием диффузии и фильтрации оросительной воды на валики и прилегающую территорию. При продолжительном возделывании

вании риса на одних и тех же землях соли накапливаются в таком количестве, что не удается получать высоких урожаев риса. Это является одной из причин выхода рисовых полей из сельхозоборота.

На таких рисовых системах коэффициент земельного использования обычно не превышает 0,3-0,4. Примерами могут служить земли рисовых севооборотов Кызыл-Ординской области и Каратальская оросительная система, где из 13100 га орошаемых земель в настоящее время занято посевами риса не многим более 5000 га. При оценке мелиоративного действия культур риса на засоленные земли в рисовых севооборотах необходимо учитывать степень опреснения не отдельных рисовых полей, как это обычно делается, а крупных массивов, так как опреснение поверхностных горизонтов почв происходит за счет местного перераспределения солей, перемещающихся в нижние горизонты и на прилегающие земли. В целом по массиву аккумуляция солей продолжает развиваться. Так на Каратальской оросительной системе после возобновления посевов риса с 1961 г. количество сильнозасоленных земель резко возросло и в 1963 г. достигло, по данным института "Гипрозем", более 3 тыс. га (площади съемки 15033 га).

Это подтверждают и полевые опыты, проведенные в других зонах. Например, в условиях Крыма после первого года возделывания риса [2] на засоленных почвах был опреснен

слой мощностью 30 см. На глубине 40 см содержание хлоридов составляло свыше 0,2%. Минерализация грунтовых вод увеличилась с 40 до 54 г/л. Здесь хотя и был получен урожай риса, засоление почвы по глубине оказалось явно недостаточным для выращивания суходольных культур. Солевой баланс остался практически без изменения вследствие слабого оттока грунтовых вод.

Применение даже мелкого (1,0-1,5 м) дренажа [10] на солончаковых почвах в условиях Дона обеспечило увеличение глубины опреснения до 0,8 м после двухлетнего возделывания риса. Но на глубине 80-100 см содержание солей составляло 1,694% по плотному остатку и 0,056% по хлор-иону. Для получения высоких урожаев суходольных культур рисового севооборота такая степень засоления почв по глубине недостаточна. При возделывании культур рисового севооборота на землях с близким залеганием уровня минерализованных грунтовых вод соли быстро перемещаются к поверхности почвы, что отрицательно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных растений.

Результаты исследований показывают, что коренного улучшения мелиоративного состояния рисовых систем не было получено, так как общий приток солей на массив может превышать их расход, при поступлении больших количеств оросительной воды, несущей соли [8]. Происходит постепенное

увеличение запасов солей на всей территории (например, рисосеющих массивов Кызыл-Ординской области).

Поэтому не следует ожидать мелиоративного улучшения рисовых систем, расположенных на засоленных землях, которые не обеспечены подземным оттоком грунтовых вод. Некоторое рассоление почв под рисовыми полями, отмеченное в указанных опытах происходит за счет фильтрации оросительной воды в свободную емкость почво-грунтов (в начальный период освоения) и оттеснения грунтовых вод на прилегающую территорию. Однако в последующие годы, когда болотные процессы, развивающиеся при переувлажнении почвы, резко снижают водопроницаемость почво-грунтов, скорость фильтрации солей начинает приближаться к скорости вертикальной фильтрации. В этот период соли аккумулируются в непосредственной близости к поверхностным горизонтам и при сбросе воды выступают на поверхность почвы, препятствуя получению всходов сельскохозяйственных культур. Это — одна из причин частой смены рисовых полей на массивах, подверженных засолению.

Совершенно другая картина наблюдается на рисовом поле с дренированной оросительной системой. Здесь искусственный дренаж не только содействует глубокому опреснению почво-грунтов и быстрому снижению уровня грунтовых вод в осенний период (это в свою очередь ослабляет процесс

заболачивания), но и удаляет соли за пределы орошаемого массива. Широко известны положительные результаты, достигнутые при промывках засоленных земель с помощью культуры риса [6] на фоне глубокого горизонтального дренажа в Голодной степи на почвах высокой водопроницаемости (совхоз 4). Здесь удалось опреснить почво-грунты на большую глубину в основном не за счет перераспределения солей внутри массива, а благодаря их выносу дренажной системой за пределы орошаемой части Голодной степи.

Полевые исследования, выполненные экспедицией Московского гидромелиоративного института в Голодной степи (совхоз 5) на почво-грунтах с более низкими коэффициентами фильтрации (0,1-0,2 м/сут), также подтвердили достаточную эффективность рассоления почвы при возделывании риса на дренированной территории. Глубина горизонтальных закрытых дрен составляла 3-3,5 м. Они были усилены временными открытыми дренами глубиной 0,6-0,8 м. В этом случае даже из третьего метра почво-грунта было удалено 15,2-22,0% солей. Минерализация грунтовых вод под рисовым полем снизилась с 31 до 18 г/л, причем накопления солей в грунтовых водах прилегающей территории не наблюдалось. Рядом с опытным участком находилось производственное поле площадью

30 га с посевами риса. Здесь отсутствовали временные дренажи, т.е. отток грунтовых вод был более замедлен, что понизило урожай риса до 20-25 ц/га (против 35-40 ц/га на опытном участке).

Еще большая глубина опреснения почв была достигнута при промывках сильнозасоленных земель с применением посевов риса в зоне Арысь-Туркестанского канала. Площадь опытного участка 65 га, почвы - тяжелые суглинки до глубины 3 м, ниже залегают средние суглинки, подстилаемые с глубины 15 м галечниками. Коэффициент фильтрации верхних горизонтов колеблется в пределах 0,2-0,6 м/сут, а средних суглинков - 1-2 м/сут. Протяженность открытого горизонтального дренажа глубиной 2,8-3,5 м составляла 50 пог.м/га. Оросительная норма риса 52 тыс. м³/га, полученный урожай - 35 ц/га.

Применение систематического горизонтального дренажа при культуре риса усилило отток грунтовых вод, что обусловило увеличение глубины опреснения почво-грунтов до 6 м. Запасы солей (см. таблицу) по всем горизонтам пятиметровой толщи почво-грунтов и грунтовых вод резко сократились. Из зоны аэрации (трехметровый слой) было удалено 84% солей (383 т/га), а из пятиметрового слоя - 73% (462,5 т/га). Минерализация грунтовых вод понизилась в два раза - с 10 до 5 г/л.

Изменение содержания солей (т) в почво-грунтах
и грунтовых водах при культуре риса

Периоды отбора проб	Содержание солей по глубине, м					
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	0-500
До посева риса	94,5	186,5	173,4	124,2	54,0	632,6
После убор- ки риса	18,0	27,6	25,7	45,8	53,0	170,1
Удалено со- ли, т/га	76,7	158,9	147,7	78,4	1,0	462,5
Удалено со- ли, %	81,0	85,1	85,2	63,0	2,0	73,0

Аналогичные результаты были достигнуты на совхозных полях системы Р-2 в том же районе. Здесь, несмотря на более трудные мелиоративные условия (уровень грунтовых вод перед посевом риса находился на глубине 2,5 м, а с 7-8 м залежали тяжелые плотные суглинки с прослойками глин, имеющих коэффициент фильтрации менее 0,3 м/сут), запасы солей в пятиметровой толще уменьшились с 632,6 до 73 т/га, а минерализация грунтовых вод снизилась с 8-9 до 4-5 г/л. Вся зона аэрации опреснилась до допустимых пределов. Дренажем было отведено около 200 т/га солей. Основной расходной статьей водного баланса явился дренажный сток, который составил более 50% от водопадачи.

Эти факты говорят о том, что при возделывании риса на дренированных землях происходит устойчивое и глубокое опреснение разных по механическому составу почв и верхних горизонтов грунтовых вод без накопления солей на прилегающих территориях. Условием успешного мелиоративного действия дренажа является отвод дренажем только грунтовых вод в течение всего периода промывок и в межполивной период.

Отрицательный водно-солевой баланс дренированной территории создается за счет отвода минерализованных грунтовых вод по дренам, тогда как на массивах с необеспеченным стоком этих вод расходная часть баланса почти полностью регулируется испарением и транспирацией. При возделывании риса на дренированных землях совхоза 5 с 1 июля по 30 сентября 1966 г. дренами было отведено 45% всего количества воды, поступившей на участок, а суммарное испарение составило лишь 25%. Такое соотношение расходных статей баланса способствовало рассолению почво-грунтов.

В условиях более высокой обеспеченности подземного оттока (но все же недостаточной, чтобы исключить засоление почвы в зоне Арысь-Туркестанского канала - АТК) при низких величинах коэффициента земельного использования расходные статьи водного баланса за период с 15 мая по 30 сентября 1967 г. составляли: дренажный сток 23% (12,2 тыс. м³/га), испарение и транспирация 20% (11,0 тыс. м³/га). Остальная

часть воды расходовалась в основном на фильтрацию в галечник, выполнявший в данном случае роль дренажа, и на боковое растекание.

С увеличением коэффициента земельного использования на системе Р-2 зоны АТК, где подземный отток грунтовых вод очень слаб, расходные статьи водного баланса изменяются в сторону увеличения дренажного стока до 55% от водоподачи и уменьшения водоподачи вследствие снижения расхода воды на вертикальную фильтрацию в галечник. Здесь за период вегетации расходные статьи водного баланса составили: дренажный сток 55% (18 тыс. м³/га), испарение и транспирация 30% (10 тыс. м³/га), вертикальная фильтрация в галечник и боковое расходование 15% (5,0 тыс. м³/га). В рассмотренных примерах действие горизонтального дренажа (и частично, проницаемых прослоек грунта) увеличило отток подземных вод до 50% и более от водоподачи, что обуславливает хорошее опреснение почво-грунтов и грунтовых вод.

В настоящее время принято считать, что на засоленных землях необходима проточность оросительной воды для опреснения поверхностных горизонтов почвы и для смены минерализованной воды в чеках. По-видимому, это положение действительно только для недренированных территорий, где смену воды в чеках можно осуществить путем поверхностного водообмена. Опыты в зоне Арысь-Туркестанского канала показали, что

минерализация поступающей и сбросной воды была одинаковой и изменялась в течение вегетации от 0,280 до 0,417 г/л, т.е. выноса солей не происходило. Проточность в чеках создает лишние расходы оросительной воды.

Под действием горизонтального дренажа опытного участка, первые же порции оросительной воды растворяют соли, содержащиеся в поверхностных горизонтах почвы, и выносят их за пределы массива. Дальнейшая работа дренажа способствовала постоянной смене воды в чеках за счет фильтрации ее через почво-грунт.

Исследованиями 3 установлено, что с увеличением фильтрации на рисовых полях ослабляются окислительно-восстановительные процессы, что снижает содержание щелочности и ослабляет заболачивание. Это объясняется повышенным поступлением кислорода в почво-грунт вследствие увеличения вертикальной фильтрации. Таким образом, усиление вертикальной фильтрации на рисовых полях с помощью дренажных систем ослабляет деятельность сульфатредуцирующих бактерий, что в свою очередь улучшает мелиоративное состояние рисовых систем.

Имеются прямые наблюдения [7], подтверждающие возможность возделывания риса без поверхностной проточности - при коэффициенте фильтрации дренированных засоленных почво-грунтов 2 м/сут и выше. По этим же данным, скорость фильт-

рации воды, превышающая 25-30 мм/сут, способствует повышению урожая риса, орошаемого без сбросов воды, даже при высоком исходном засолении. Достичь таких скоростей впитывания воды в чеках можно с помощью дренажа.

На существующих рисовых оросительных системах после прекращения водоподачи в конце вегетации понижение уровня грунтовых вод и просыхание почвы обеспечиваются в основном только за счет испарения. При высоких коэффициентах земельного использования и низкой водопроницаемости грунтов снижение уровня грунтовых вод и просыхание почвы происходят очень медленно, что задерживает начало механизированной уборки урожая. Кроме того, испарение больших количеств грунтовых вод реставрирует засоление почвы.

На дренированном рисовом массиве перечисленные недостатки не имеют места. Так, в зоне Арысь-Туркестанского канала при площади дренированной территории 540 га механизированную уборку урожая можно начинать уже на 15-й день после прекращения водоподачи; при этом обеспечивается проходимость даже колесного транспорта.

Условия формирования водно-солевого режима земель рисовых севооборотов зависит прежде всего от степени дренированности территории. Известно, что в бессточных районах поля, прилегающие к посевам риса, подвержены переувлажнению и за-

солению. На Каратальской оросительной системе [5] с недостаточно развитой дренажной сетью рисовое поле вызывало подъем уровня грунтовых вод в прилегающей территории на расстоянии до 300-400 м. Скорость подъема уровня грунтовых вод на участке, расположенном между двумя рисовыми полями, достигала 54 см/сут в первые дни после затопления чеков. Имеются и другие примеры неблагоприятного влияния рисового поля на прилегающие территории. Поэтому возделывание других культур в рисовом севообороте затруднено. Даже такая влаголюбивая культура, как люцерна, погибает от вымокания и засоления почвы. Но учитывая необходимость интенсификации сельскохозяйственного производства, в рисовых севооборотах следует возделывать [4] ценные полевые культуры: овощи, зерновые, сахарную свеклу и др., которые требовательны к водно-солевому режиму почвы.

Систематический дренаж устраняет процессы заболачивания не только на прилегающих территориях, но и значительно ослабляет их на самих рисовых полях. На опытном участке в зоне Арысь-Туркестанского канала во время вегетации риса уровень грунтовых вод на прилегающем поле повысился всего на 0,5-0,7 м (при исходной глубине 3,5 м). Подсолнечник и бахчевые, посеянные в непосредственной близости к рисовому полю развивались без признаков угнетения. Опыты ВНИИГиМа в Голодной степи также подтвердили резкое снижение отрица-

тельного влияния затопленного рисового поля на соседние земли при их дренированности.

Практика рисосеяния на недренированных землях показала, что многолетнее возделывание риса на одном поле резко снижает его урожайность. Одна из причин этого явления заключается в том, что при подаче больших количеств воды нарушается водно-воздушный режим почвы, возникают процессы заболачивания. Так, на слабодренированных землях колхоза им. Ленина (Ростовская область [I]) в течение межполивного периода уровень грунтовых вод не опускался ниже 0,5-0,75 м, что обусловило явное переувлажнение почвы.

Резко увеличивая скорость снижения уровня грунтовых вод в осенний период, дренаж уменьшает продолжительность периода переувлажнения почвы. Благодаря применению дренажа появляется возможность развития в почве аэробных процессов в теплое и сухое время осени. В конечном итоге, отрицательные явления, возникающие в почво-грунтах при возделывании риса, в значительной степени ослабляются.

Дренажная система земель рисовых севооборотов, оснащенная специальными сооружениями для шлюзования, способна создавать необходимый для каждой культуры рисового севооборота водно-солевой режим. На Каратальской оросительной системе в полосе влияния рисового поля создавалась влажность почвы, достаточная для возделывания сельскохозяйст-

венных культур даже без поливов. Однако для этого грунтовые воды не должны быть высокоминерализованными. Возделывание риса на дренированных землях способствует опреснению верхних горизонтов грунтовых вод. Например, в условиях опытно-производительного участка в зоне Арысь-Туркестанского канала после промывок нормой 15 тыс. м³/га содержание солей в дренажном стоке дрены Д - 5 колебалось от 6,23 до 8,37 г/л, т.е. грунтовые воды не были пригодны для использования на "субиригацию". После возделывания риса в следующем году на этом же участке минерализация дренажного стока понизилась до 2,44-3,58 г/л.

Таким образом по мере опреснения грунтовых вод можно допускать периодический подъем их уровня на полях, где выращиваются культуры рисового севооборота, для подпитывания корней растений. Этот способ орошения может найти особенно широкое применение на землях рисовых севооборотов, где на небольшой глубине имеются прослойки грунтов с хорошей водопроницаемостью.

Отсюда становится ясным, что коллекторно-дренажная сеть является необходимым элементом рисовой оросительной системы.

Существующие рисовые оросительные системы обычно оснащены открытой коллекторно-сбросной сетью, дренирующее действие которой непродолжительно, а в большинстве случаев практически отсутствует. Объясняется это тем, что коллек-

торно-сбросные каналы в течение всего вегетационного периода переполнены. Действие мелких каналов (I-I,5 м) прекращается вскоре после окончания подачи воды в чеки. Кроме того, в первый же год эксплуатации уменьшается глубина дрен вследствие обрушения и зарастания русла, что еще более снижает их дренирующее действие.

Глубокие сбросы, которые принято называть коллекторами, проектируют обычно по границам рисовых полей с целью ограждения прилегающих территорий от затопления. Но и их дренирующее действие весьма кратковременно и совершенно недостаточно.

Таким образом, основными недостатками коллекторно-сбросной сети существующих и строящихся рисовых систем являются незначительная глубина, подверженность оплыванию и обрушению, переполнение сбросной водой, недостаточная протяженность.

Современная рисовая оросительная система должна состоять, по нашему мнению, из оросительной, сбросной и дренажной сети. Перечисленные элементы системы должны работать независимо друг от друга. Как показал опыт, совмещение в одних и тех же сооружениях разных функций (например, дренажа и сброса воды [4] или водоподачи и дренирования [9] не дает положительных результатов. Дренирование земель и отвод сбросных вод рисовых полей должны выполняться разными по конструкции каналами.

Наиболее приемлемым для рисовых оросительных систем следует признать закрытый горизонтальный или вертикальный дренаж. С помощью дренажных систем можно легко регулировать величину дренажного стока. Сбросная сеть может быть выполнена из мелких открытых каналов. Она будет менее загружена, так как отводит в основном воду неограниченных сбросов. Смена воды в чеках будет обеспечиваться действием дренажа.

Выше были приведены величины оросительных норм для земель, имеющих горизонтальный дренаж. Анализ показывает, что эти нормы значительно больше затрат воды для выращивания риса на недренированных землях. Повышенное расходование оросительной воды объясняется очень малым коэффициентом земельного использования и оттоком фильтрационных вод по дренам.

Эффективным способом сокращения подобных затрат воды, в случае их необходимости (при достижении полного опреснения зоны аэрации и поверхностных горизонтов грунтовых вод), является оснащение дренажных систем шлюзами-регуляторами, с помощью которых можно регулировать величину оттока фильтрационных вод, а вместе с ними и минерализацию грунтовых вод.

В какой-то мере расход оросительных вод на дренированных рисовых системах можно регулировать и путем рационального размещения полей риса и культур рисового севооборота. Рис целесообразно размещать сплошным массивом на площади 1000-1500 га и более; так же следует размещать и культуры рисо-

вого севооборота. Это позволит уменьшить отток грунтовых вод с рисовых полей и обеспечить необходимую дренированность полей, засеянных культурами рисового севооборота. Рациональное размещение риса и культур рисового севооборота регулирует водно-солевой режим почво-грунтов.

Л и т е р а т у р а

1. Зайцев В.Б. Рисовая оросительная система, изд. "Колос", М., 1964.
2. Иванов В.И., Янчковский Ю.Ф. Влияние планировки и вторичного засоления земель на урожай риса. "Гидротехника и мелиорация", 1966, № 5.
3. Керзум П.Л., Васильчикова С.И. Опыт промывки глубокозасоленных почв Яванской долины под культурой риса. В кн. "Мелиорация орошаемых почв Таджикистана", Душанбе, 1969.
4. Колпаков В.В. Принципы проектирования и освоения рисовых оросительных систем с учетом требований всех культур рисового севооборота "Известия ТСХА", вып. 4, 1967.
5. Малахов В.Л., Баденко И.И. Влияние рисового поля на водный и солевой режим почвы и режим грунтовых вод прилегающих полей. Труды Института водного и лесного хозяйства Казахского филиала ВАСХНИЛ. Алма-Ата, 1956.

6. Петров Е.Г., Бобченко В.И. и др. Опыт промывки засоленных земель при культуре риса, "Гидротехника и мелиорация", 1965, № 10.

7. Петров Е.Г., Бобченко В.И., Сидько А.А. Результаты научно-исследовательских работ ВНИИГиМа по промывкам засоленных земель в 1966 г. Протокол № 19 заседания НТС в г. Баку. М., 1966.

8. Погребинский М.А. Грунтовые воды Кзыл-Ординского массива и их изменения в результате регулирования стока Сырдарьи. Сб. "Проблемы освоения низовьев Сырдарьи под рисовое хозяйство". Алма-Ата, 1969.

9. Семененко А.Н. Улучшение рисовой ирригационной карты Краснодарского типа "Краткие итоги научно-исследовательских работ за 1964-1965 гг.". Куб. РОС, Краснодарское книжное издательство, 1968.

10. Шумаков Б.А., Косов Г.А. Солевой режим солонцового комплекса под рисом в пойме р. Дон. Доклады ВАСХНИЛ, 1967, № 7.

УДК 624.841

Ф.Н.Ким, В.Я.Лопатин, А.Ф.Мац

СОСТОЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИМАНОВ УРАЛО-КУШУМА И МЕРОПРИЯТИЯ
ПО ПОВЫШЕНИЮ ИХ ПРОДУКТИВНОСТИ

Уральская область является одним из крупнейших районов республики по производству продуктов животноводства. Основным условием планомерного и неуклонного развития общественного животноводства здесь является создание прочной и устойчивой кормовой базы.

Значительный дефицит атмосферного увлажнения и систематическое чередование относительно увлажненных и засушливых лет приводят к неустойчивости богарного кормопроизводства.

Правильное орошение при широком его развитии могло бы значительно пополнить запасы кормов и обеспечить поголовье скота грубыми и сочными кормами и фуражным зерном, но оно применяется на небольших площадях и развито пока слабо. Основные массивы земель правильного орошения приурочены к пригородным районам.

Лиманное орошение, основанное на использовании весенних талых и паводковых вод рек, речек и временных водотоков,

является одним из эффективных мероприятий по получению высоких устойчивых урожаев кормовых культур в засушливых степных, полупустынных и пустынных районах Западного Казахстана. Этот метод орошения сейчас получил здесь значительное распространение. Более 183 тыс. га земель лиманного орошения Уральской области, т.е. более 21% всех лиманов Казахстана, используются для целей кормопроизводства.

Исследованиями ряда научных учреждений и практикой доказана высокая эффективность применения лиманного орошения. Так, на отдельных участках Улентинской, Калдыгайтинской и Джаксыбайской пойменных систем при условии оптимального весеннего увлажнения получают до 25 и более центнеров высококачественного пререйного сена, причем себестоимость лиманного сена в 3-4 раза ниже себестоимости сена, косимого на суходолах.

Учитывая особую важность лиманного орошения, по инициативе правительства Казахской ССР в целях более полного использования природных богатств сейчас ведется крупное гидротехническое строительство на Урало-Кушумском массиве Уральской области. Проектом строительства Урало-Кушумского обводнительно-оросительного комплекса предусмотрено наряду с обводнением естественных пастбищ осуществлять с помощью мелководных лиманов весеннюю влагозарядку на сенокосных угодьях площадью 48,8 тыс. га и регулярное орошение на 1000 га. Уже построены и введены в постоянную и временную эксплуата-

цию системы лиманного орошения на площади более 30,0 тыс. га. Необходимо, однако, отметить, что резервы увеличения кормо-производства, заложенные в лиманном орошении, используются далеко не полностью, фактическая урожайность кормовых растений на заливных участках очень низка по сравнению с возможной. Так, планируемый валовой сбор кормов с каждого заливаемого гектара площадей 4I-го лимана должен составлять 1920 корм. ед., фактически же в 1968, третьем году освоения, продуктивность одного гектара составила всего 200-300 корм. ед.

Для разработки конкретных мероприятий по повышению продуктивности лиманов Урало-Кушума в 1968-1969 гг. КазНИИВХ были проведены полевые работы на производственных участках 4I-го лимана. Ниже приводятся некоторые результаты этих работ.

Системы лиманного орошения Урало-Кушума расположены большей частью в зоне резко засушливых жарких пустынных степей (коэффициент увлажнения, по данным КазНИИВХ, - 0,18) и относятся к Урало-Кушумскому почвенно-гидрогеологическому району северо-западного Прикаспия. Почво-грунты в основном среднего и тяжелого механического состава. Понижения заняты темноцветными почвами падин и западин или различной степени осолоделыми почвами. Помимо темноцветных широко распространены почвы автоморфного ряда (светлокаштановые солонцеватые

в комплексе с солонцами), причем для многих лиманов Урало-Кушумской системы доля их составляет 65-95%. Типичным примером является 4I-й лиман площадью 2634 га, где лишь 50 га - темноцветные почвы. Грунтовые воды, залегающие на глубине 4-5 м, средне- и сильно минерализованы.

4I-й лиман расположен на территории совхоза "Лбищенский", Чапаевского района, в 20 км от водохранилища Донгулюк, из которого берут начало Тайпакский и Фурмановский оросительно-обводнительные каналы. На ПК-199 Тайпакского оросительно-обводнительного канала осуществляется водозабор в распределитель Р-I, подающий воду на 4I-й лиман. Этот лиман делится на 26 секций, затопляемых из распределителей Р-I-I и Р-I-2, впадающих в Кара-Кудукский оросительно-обводнительный канал (рис. I).

Оросительно-сбросная сеть работает по совмещенной схеме. Распределители выполняют роль оросителей при закрытых щитах их концевых сбросов и сбросных каналов - при закрытых щитах головного регулятора. Для подачи воды на секции в наиболее пониженных местах установлены метровые трубчатые водовыпуски. Поперечное сечение каждого распределителя позволяет подавать в него весь головной расход (3,5 м³/сек). Средняя площадь секций лимана в пределах 100 га. Затопление секций по проекту должно осуществляться в несколько тактов. Обычные сроки затопления - апрель - начало мая. В 1968 г.

затопление лимана производилось в два такта: вначале (с 15 по 23 апреля) вода подавалась по распределителю Р-1-1 на секции 8, 12 и 13, а затем (с 24 апреля) - по распределителю Р-1-2 на секции 21, 22, 23 и 24. Остальные секции

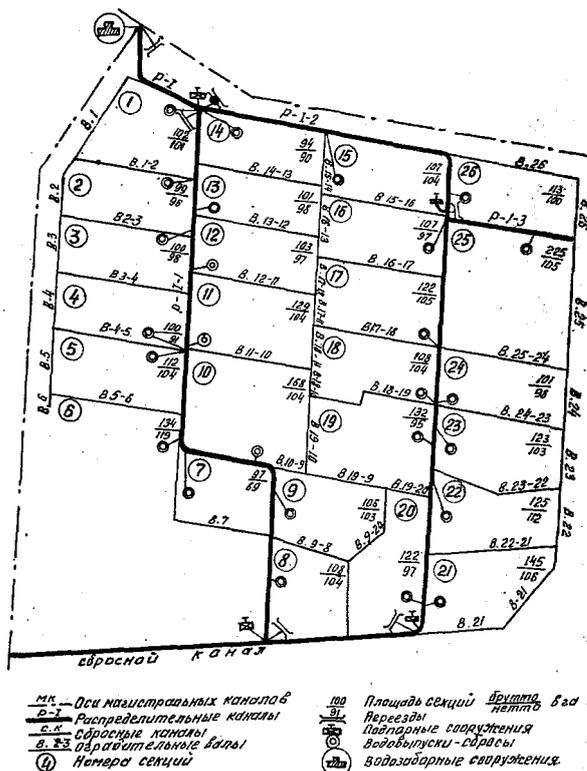


Рис.1. Схематический план 41-го лимана Урало-Кушума

лимана в 1968 г. не заливались. В табл. I и 2 приведены результаты наблюдений за расходом воды, поданной на лиман в апреле 1968 г. ($\text{м}^3/\text{сек}$), и за продолжительностью затопления опытных секций (сут.). Как видно из таблиц, максимальный расход ($2,86 \text{ м}^3/\text{сек}$) был отмечен лишь один раз - 21 апреля, т.е. оросительная сеть при затоплении лимана работала с большой недогрузкой. Занижение фактических расходов по сравнению с проектными приводит к значительному уменьшению удельных расходов воды, подаваемых на секции, - до 3 л/сек/га. Из табл.2 видно, что продолжительность водоподачи и сброса с секций лимана составляет 18-19 суток.

Таблица I

Дата	15	16	17	18	19	20	21	22
Расход	1,47	1,20	1,100	1,47	1,88	2,44	2,86	2,71
Дата	23	24	25	26	27	28	29	30
Расход	2,44	2,60	2,58	2,16	2,24	2,05	2,24	2,29

Как показали наблюдения, фактическая продолжительность стояния воды на отдельных участках (контрольных площадках) секций находилась в пределах 10-45 суток. Такие значительные колебания, очевидно, можно объяснить влиянием особенностей форм рельефа, а также интенсивностью процесса затопле-

Таблица 2

№ секции	Наполнение (апрель)		Продолжительность стояния воды при одном уровне	Сброс (май)		Продолжительность сброса	Общая продолжительность затопления	Дата полного стока воды с секции	Продолжительность стояния воды на секции
	начало	конец		начало	конец				
12	15	23	8	7	1	4	19	22	37
13	15	23	8	7	1	4	19	13	28
8	15	23	8	7	1	4	19	15	30
18	24	30	7	6	7	11	18	8	45

ния и условиями сброса воды. Так, в пониженных местах секций лимана, сброс с которых осуществлять невозможно, вода находится до тех пор, пока полностью не израсходуется на фильтрацию в почво-грунты и испарение. Контрольная нивелировка, проведенная 17 мая на секции I2, показала, что при слое воды в центральной части 0,7 м горизонт воды в распределителе Р-I-I был на 4-6 см выше горизонта в секции. Это указывает на то, что отметки существующего дна оросителей значительно выше проектных. По распределителям Р-I-I и Р-I-2 эти превышения достигают 0,9-1,3 м, а недоборы по сбросному каналу доходят до 1,6 м.

При затоплении секций лимана удельными расходами менее 4-3 л/сек на га поливная вода, особенно в первые дни, распределяется по полю неравномерно. В верхних частях секций она находится, даже в микропонижениях, значительно меньшее время, чем в местах водоподачи. Так, на I3 секции в верхней ее части (площадью 35 га) вода стояла лишь 7 суток, тогда как у водовыпуска-сброса - 28 суток; на секции I8 - соответственно 6 и 45 суток.

Наблюдения по установлению сроков готовности почвы к обработке и посеву кормовых растений после полного схода воды с отдельных участков секции позволили выделить три наиболее характерные полосы просыхания. Разрыв в сроках

сева на этих полосах просыхания всех опытных секций составлял 20 и более суток.

Как указывалось выше, более 86% площадей 41-го лимана занимают почвы автоморфного ряда. Специфические условия почвообразования при непромывном водном режиме, значительной засоленности тяжелых по механическому составу исходных пород и жарком климате обусловили значительную комплексность почвенного покрова этого района. Для изучения морфологического строения почвенного профиля и водно-физических свойств почво-грунтов на опытных секциях были заложены почвенные разрезы глубиной до 2,0 м.

Светло-каштановые почвы лимана подразделены нами на три группы:

почвы распаханых, незаливаемых участков (секции 14, 15, 16, 17, 19, 20, 9 и 10), используемых под посевы богарных зерновых колосовых культур;

почвы регулярно заливаемых с 1966 г. участков (секции 8, 12, 13, 18, 21, 22, 23 и 26), используемых под посевы проса и кукурузы;

светло-каштановые почвы на массиве, залитом только в 1966 г. (секции 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7). С 1967 г. этот массив, прилегающий к правой стороне распределителя Р-1-1, целиком распахан и представляет собой бросовую залежь.

Солевые профили почв этих групп приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, почвенный профиль первой группы имеет засоленность, вполне характерную для светло-каштановых

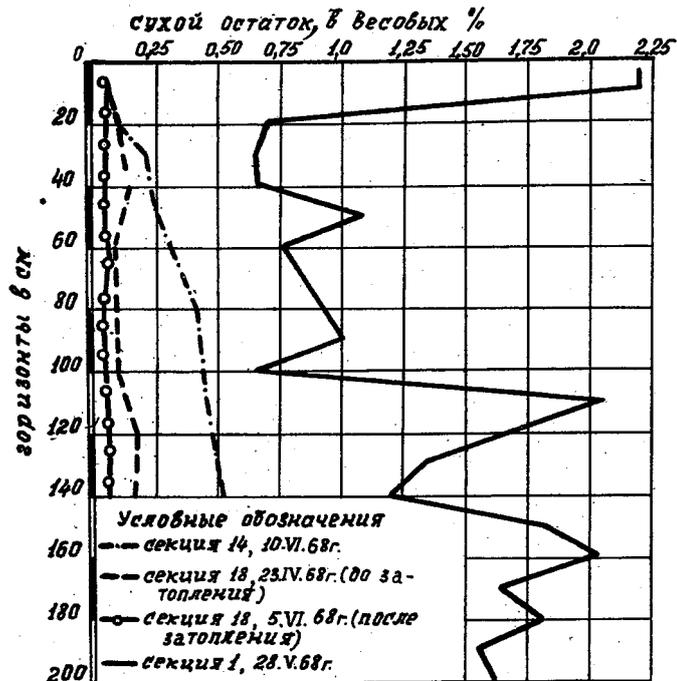


Рис. 2. Солевые профили светло-каштановых почв 41-го лимана

почв северо-западного Прикаспия. Обращают на себя внимание данные солевого состава почв второй группы. В светло-каштановых почвах 18 секции перед затоплением (22/IV 1968 г.) содержание воднорастворимых солей в метровом слое не превышало 0,2%, что позволяет отнести их к слабозасоленным. После затопления продолжительностью 15 и более суток соле-

содержание светлокаштановых почв уменьшилось в два-три раза. Следует отметить, что за время вегетации проса на заливаемых секциях лимана содержание солей в метровом слое светло-каштановых почв практически не увеличилось. Так, в фазу полной спелости проса на секции 8 (I4/УШ 1968 г.) сухой остаток в одном случае составил 0,045-0,09%, а в другом - 0,069-0,128% от веса сухой почвы. Это указывает на то, что светло-каштановые почвы 4I-го лимана при ежегодном затоплении и использовании под посевы кормовых культур в настоящее время, очевидно, не имеют тенденции к значительному вторичному засолению. Почвы третьей группы, в отличие от почв первой группы, прошли стадию замочки при затоплении, сейчас сильно засолены и, вероятно, имеют в своей основе процессы вторичного засоления (рис. 2).

Проект Урало-Кушумской обводнительно-оросительной системы и рекомендации научных и сельскохозяйственных учреждений Уральской области предлагают на системах лиманного орошения выращивать многолетние и луговые травы. Признается возможным возделывание также кормовых культур на силос (кукуруза, просо, сарго и подсолнечник). Стремление хозяйств интенсифицировать кормопроизводство на лиманах привело к распашке значительных площадей с целью возделывания зерновых культур и кормовых растений. Однако этот прием пока не дал нужных результатов. Так, в 1968 г. 1206 га площадей 4I-го

лимана использовались под посевы богарных яровых зерновых культур, урожайность которых составила 8,9 ц/га, а на 597 га выращивали кукурузу и просо (посев произведен после весеннего затопления) со средним урожаем 31,0 ц/га силовой массы; 745 га представляли бросовую залежь, продуктивность которой равна нулю. Средняя продуктивность 1 гектара составила всего 648 корм. ед. Если же в расчетах учитывать лишь продукцию, полученную с затопленных площадей, то продуктивность составит всего 200 корм. ед.

Искусственное залужение пырейно-бобовыми травосмесями в нужных размерах фактически не проводится. Аналогичное положение с кормопроизводством имеет место и на ряде других лиманов Урало-Кушума (42, 43, 46 и 49 лиманы).

Для установления причин, сдерживающих получение высоких урожаев кукурузы и проса, возделываемых на затопленных участках (секциях) 41-го лимана, нами в 1968 г. в производственных условиях проводились специальные наблюдения за ростом и развитием этих растений. Наблюдения велись на 13 и 8 секциях. Секцию 13 начали заливать 15 апреля, сброс воды начался 1 мая и продолжался до 13 мая. Механизированную обработку почвы представилось возможным проводить лишь 25 мая, и то лишь на площади около 35 га (первая полоса просыхания). Посев кукурузы был произведен 26 мая. Обработка почвы и посевов на второй полосе просыхания площадью

35 га были произведены 10 июля, и на третьей полосе просыхания - только 18 июня. В табл. 3 приведена урожайность зеленой массы кукурузы на контрольных площадках по 100 м² (41-й лиман, 13-я секция опытно-производственного участка КазНИИВХ); опыты проводились в 1968 г.

Таблица 3

Место взятия проб	Дата посева	Средняя урожайность по фазам развития, ц/га		
		14 июля	13 августа	8 сентября
Первая полоса просыхания	26 мая	132	264	313
Вторая полоса просыхания	10 июня	60,7	167	189

Как видно из табл. 3, урожай зеленой массы кукурузы на второй полосе просыхания на 124 ц/га ниже, чем на первой полосе. Урожайность кукурузы с более поздними сроками посева (15-20 июня) составила всего 37 ц/га. Такая значительная разница объясняется, видимо, более эффективным использованием влаги, внесенной при влагозарядке, ранними посевами. Несколько иначе обстояло дело с ростом и развитием посевов проса на секции 8. Эта секция начала заливать-ся 15 апреля, сброс воды проведен с 2 по 24 мая. Первая по-

лоса просыхания была засеяна просом 18 мая, вторая - 1 июня и третья - 14 июня. В табл. 4 приведена урожайность зеленой массы проса, по данным контрольных площадок 8-й секции (1968 г.)

Таблица 4

Местоположение укосных площадок и дата посева	Вес зеленой массы, ц/га (средний из трех повторностей), по периодам		
	28 июня	26 июля	15 августа
Первая полоса просыхания, 18 мая	157,3	164,0	155,6
Вторая полоса просыхания, 1 июня	72,6	230,3	191,3
Третья полоса просыхания, 14 июня	полные всходы	141,0	210,6

Из табл. 4 видно, что просо дает вполне приемлемые урожаи силосной массы даже при посеве до 15 июня (только на фоне влагозарядки). Урожай на первой полосе просыхания был несколько ниже в связи с большой комплектностью почвенного покрова. Вес зеленой массы имел максимальное значение в начале фазы цветения.

Анализ материалов проведенных исследований позволяет наметить следующие основные мероприятия, направленные на повышение продуктивности лиманов Урало-Кушума:

радикальный план, который привел бы в соответствие конструкции лиманов и условия эксплуатации с требованиями цикла сельскохозяйственного освоения и использования их;

повышение в возможных пределах продуктивности лиманов, учитывая сложившиеся условия их эксплуатации.

Остановимся на содержании, характере и путях проведения предлагаемых мероприятий. К первой группе относятся мероприятия по реконструкции лиманов Урало-Кушума, которые крайне необходимо осуществить на 41, 42, 43, 46 и 49 лиманах и частично на вновь строящихся системах. В проектах по реконструкции систем необходимо предусмотреть, чтобы продолжительность затопления секций лиманов, залуженных рекомендованными травосмесями или кормовыми растениями, равнялась 5-25 сут. Это условие может быть выполнено только при увеличении пропускной способности водовыпусков-сбросов в 3 и более раза, устройстве автономной сбросной сети и уменьшении размеров секций (поливных участков) лиманов до рациональных - не более 50-70 га. Следует также предусмотреть работы по механической очистке оросительно-сбросной сети, проверке соответствия фактических конструктивных показателей систем проектным, устройству специальных вытяжных каналов и ремонту гидротехнических сооружений.

Мероприятия второй группы основаны на использовании экологических принципов размещения растительности по профи-

лю участков с различной длительностью стояния воды и учете всего комплекса особенностей ведения сельскохозяйственного производства. На тех участках секций, где общая длительность стояния воды не превышает 5 суток, залужение целесообразно проводить путем посева бобово-злаковых травосмесей, в состав которых входят донник белый, люцерна и житняк.

О высокой эффективности залужения и освоения солонцовых комплексов злаково-бобовыми травосмесями и в чистом виде кормовыми растениями (донник белый и люцерна синегибридная) свидетельствуют следующие данные. В 1968 г. в совхозе "Красноярский" на светло-каштановых почвах 49 лимана Урало-Кушума, был применен кратковременный залив (3-4 суток) секции, залуженной люцерной, с помощью специальных устройств в дамбах распределителя и сбросных каналов. В результате получен урожай сена около 70 ц/га.

На участках секций лиманов, где длительность стояния воды не превышает 12 суток, основным компонентом травосмесей является костер безостный. По данным наших наблюдений, в условиях Урало-Кушума при продолжительности стояния воды свыше 12 сут. отмечается угнетение и гибель костра безостного. Участки понижений, где вода стоит длительное время, нужно засевать пыреем ползучим, пыреем удлинненным и другими травами, выдерживающими длительное затопление.

Одним из путей интенсификации кормопроизводства на лиманах Урало-Кушума является возделывание кукурузы и проса на силос на фоне весенней влагозарядки. Выбранные участки для посевов кукурузы и проса должны иметь незначительную солонцовую комплектность. После схода воды с поля, количество воднорастворимых солей в метровом почвенном профиле не должно превышать 0,3% от веса сухой почвы. Посевы кукурузы на силос дают в условиях Урало-Кушума на автоморфных почвах приемлемые урожаи только при ранних сроках сева (до I июня). Наиболее оптимальными сроками сева является вторая декада мая. Поэтому кукурузу следует высевать на первой и частично - второй полосах просыхания. Участки второй и третьей полос просыхания, которые обычно готовы к обработке и севу к 10-15 июня, целесообразно засеивать просом на силос и сено.

К числу важнейших мероприятий повышения продуктивности лиманов Урало-Кушума следует отнести применение комплекса агротехнических приемов. Своевременность всех видов сельскохозяйственных работ, борьба с сорной растительностью и мелиорации солонцов крайне необходимы. Значительное расширение площадей посевов донника белого и люцерны, известных в качестве культуросоюзовителей солонцов, является первоочередной задачей. В настоящее время распашку темноцвет-

ных почв лиманов с хорошо развитым луговым травостоем под сельскохозяйственные культуры следует признать целесообразным мероприятием.

В целях недопущения опасного соленакопления в корнеобитаемых почвенных горизонтах светло-каштановых почв нельзя допускать существования многолетней бросовой залежи на тех секциях, которые ранее заливались; их нужно периодически заливать (через год-два) и поддерживать в состоянии культурного пара. Лучше такие земли засеять донником и люцерной, которые быстро иссушают корнеобитаемую зону до влажности разрыва капиллярной связи, тогда процесс соленакопления не может быть активным.

УДК 631.4:631.67

Н.Х.Атабаев

ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КАРА-ТАУ
(НА ПРИМЕРЕ ТУРКЕСТАНСКОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ)

В пределах орошаемой территории северо-западного склона Кара-Тау водоносные горизонты повсеместно распространены в четвертичных отложениях различного генезиса и литологического состава. Водосодержащими породами в основном являются супеси и суглинки, а ниже по разрезу - галечники с песком. Источниками питания этих вод является подземный сток со стороны западных отрогов хребта Кара-Тау, атмосферные осадки, инфильтрация из орошаемых площадей и фильтрационные потери из Туркестанского магистрального канала. Глубина залегания 2,5-10 м.

Минерализация грунтовых вод пестрая. Вдоль предгорий и гор в восточной части района воды пресные, по мере удаления к центру орошаемого массива и с востока на запад минерализация их увеличивается до 2-5 г/л и более. Общие динами-

ческие запасы водоносного горизонта не превышают 0,9-1,8 м³/сек. Наиболее благоприятные условия для формирования напорно-безнапорных вод хорошего качества имеются в долине р. Карачик. Водоносный комплекс здесь приурочен к аллювиальным супесям, суглинкам, пескам и гравийно-галечным образованиям.

На участке долины между Карачик и Икансу грунтовые воды образуют сплошной поток, движущийся с востока на запад. Общая мощность водосодержащих пород колеблется от 10 до 100 м, коэффициент фильтрации от 1,5 до 12 м/сут, глубина залегания зеркала грунтовых вод от 2 до 15 м, качество воды пестрое (от пресных до солоноватых). Статический уровень грунтовых вод в районе г. Туркестан устанавливается в зависимости от абсолютных отметок рельефа местности и колеблется от 2,2 (201,14) до 5,11(213,45).

По типу минерализации грунтовые воды сульфатно-гидрокарбонатно-магниевые и реже сульфатно-гидрокарбонатно-кальцевые.

Водохозяйственные условия района тесно связаны со строительством и эксплуатацией Арысь-Туркестанского магистрального канала. В настоящее время по г. Туркестану проходят оросительные каналы, берущие начало из Туркестанского магистрального канала. Питательные нужды города покрываются подземными водами из колодцев и скважин, общий расход которых

составляет 200 л/сек, при запасе по категории А + В + С 800 л/сек.

Оценка запасов подземных вод показывает, что только из основных водоносных комплексов четвертичных отложений может быть получено более 800 л/сек воды при постоянной эксплуатации в течение 50 лет. Если исходить из запросов основного потребителя воды - орошаемого земледелия, то эти запасы удваиваются, т.е. составляет более 1600 л/сек, что приближается к сумме среднегодовых расходов рек Карачик и Икансу.

В предгорной зоне Кара-Тау запасов подземных вод достаточно для обеспечения основных нужд народного хозяйства. Особенно богаты подземными водами такие хлопкосеющие оазисы южного Казахстана, как Туркестанский, Иранский, Турткульский, Темирданский. В пределах каждого из них для орошения можно использовать от 400 до 600 л/сек воды в течение всего вегетационного периода. Запасы же пустынной зоны Кара-Тау достаточны для полного обводнения всех пастбищ и создания мелкооазисного орошения для укрепления кормовой базы животноводческих хозяйств.

К сожалению, несмотря на наличие такого огромного внутреннего резерва воды, она используется в весьма ограниченных размерах. Суммарный отбор подземной воды на Туркестанском массиве не превышает 25% выявленных запасов, т.е. порядка 210 л/сек.

Современные мелиоративные условия орошаемой территории северо-западного склона Кара-Тау (Туркестанский, Иканский, Турткульский массивы орошения) определяются геолого-литологическими и климатическими условиями района и вводом в действие Туркестанского магистрального канала.

Водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным отложениям, имеют двухслойное строение. Верхний приурочен к супесчано-суглинистым отложениям и вскрывается на глубине 2,5 м, а второй - в супесях и песках и включениями галечников на глубине 7-10 и более метров.

Водоносные горизонты гидравлически связаны между собой. Воды галечников, приобретая местный напор за счет фильтрационных потерь Туркестанского магистрального канала, подпитывают через отдельные окна пропластки супесей и песков верхние горизонты. Величина фильтрационных потерь из канала порядка 5-10 м³/сек. Грунтовые воды пополняются также за счет инфильтрации оросительных вод.

Пуск воды в канал (1961-1964 гг.) и орошение земель явились наложением на естественный поток, что в совокупности с обильными весенними осадками вызвало резкий подъем уровня грунтовых вод.

Грунтовые воды с глубины 4-10 и более метров поднялись до 2-6 м, а в отдельных пониженных местах имели место выходы на дневную поверхность. Резкий подъем зеркала грунтовых

вод поставил под угрозу разрушения постройки г.Туркестана и классический памятник архитектуры - мавзолей Ахмед-Яссави, а также выход из сельхозоборота ирригационно подготовленных земель. В связи с этим проблема мелиорации земель является проблемой номер один.

Успех проектирования и строительства мелиоративных мероприятий на орошаемых массивах зависит от знания их водохозяйственных условий.

Гидрогеолого-мелиоративная характеристика орошаемой территории северо-западного склона Кара-Тау приводится в таблице, где даны рекомендации о применимости различных видов мелиоративных мероприятий, в том числе различных видов дренажа.

Для более полной гидрогеолого-мелиоративной оценки водохозяйственных условий описываемой территории необходимо получить данные о глубине залегания регионального водупора грунтовых вод, а также составить карты распространения песчано-галечниковых языков конусов выноса и древних погребенных русел по всей толще четвертичных отложений, определить коэффициенты фильтрации, установить напоры и химизмы в этих песчано-галечниковых отложениях.

УДК 532:626

М.П.Лим

КРУГЛОГODOVое ИСПОльЗОВАНИЕ СТОКА
НЕЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Джамбулская область довольно богата водными ресурсами. На ее территории имеется 247 источников орошения, из них 37 межхозяйственного и 210 внутрихозяйственного значения. Общий годовой сток их в среднем составляет 5,5 млрд. м³, для целей орошения используется ежегодно не более 2,5 млрд. м³, т.е. около 50%. Большая часть источников представляет собой мелкие и средние водотоки, причем сток их не зарегулирован и геоморфология для этого неблагоприятна. Следует отметить, что сток в основном используется в вегетационный период, а в остальное время года не используется и сбрасывается в пески.

Такое количество невегетационного стока можно использовать, проводя влагозарядковые поливы. Кроме того, на значительной территории погодные условия благоприятны для поливов в осенне-зимне-весеннее время. Но планы проведения

влагозарядки из года в год выполняются на 60-70%, в связи с тем, что недооценивается роль влагозарядки и нет еще навыков в проведении таких работ, особенно в холодное время года. Так, например, под урожай 1969 г. в осенне-зимний и ранне-весенний периоды в области намечались провести влагозарядковые поливы на площади 115 тыс. га, а фактически было полито 62,37 тыс. га. Несмотря на обилие осадков этого года, проведение осенне-зимних влагозарядковых поливов способствовало получению более высоких урожаев. В колхозе им. XXII партсъезда Джамбулского района зерновые посеяли после влагозарядкового полива, и в период вегетации был проведен один полив. В результате с площади 574 га собрали зерна по 30 ц/га, а с богарных посевов в хозяйствах области получен урожай зерна по 10-12 ц/га.

В КазНИИВХ в последние годы проводились исследовательские работы с целью выявления технической возможности и экономической целесообразности невегетационной эксплуатации оросительных систем Южного Казахстана. Основными вопросами, требующими решения при организации эксплуатации оросительных систем в невегетационный период являются организация водозабора, вододеления и транспортирования воды в морозные периоды; планирование и организация эксплуатационных работ по межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети;

нормы, сроки и техника поливов; планирование и организация подготовки и проведения поливов. Весь комплекс перечисленных вопросов изучался на примере оросительных систем Джамбулской области.

Зима в Джамбулской области носит весьма неустойчивый характер: 6-8 раз оттепели сменяются периодами похолодания. По многолетним данным, количество морозных дней в отдельных районах колеблется от 42 до 106. "Сумма холода" в наиболее теплые зимы составляла 230°C , а в наиболее холодные - более 1200°C (зимы с суммой температур более 1200°C бывают очень редко). Скорость ветра зимой до 5 м/сек с наибольшей повторяемостью составляет 80% и выше. Число дней с сильным ветром более 15 м/сек не превышает трех-пяти в месяц и увеличивается, как правило, к концу зимы. Число дней в году со снегопадом колеблется от 20 на юге до 60-80 на северо-востоке. Толщина снегового покрова в среднем по области составляет 10-25 см. Относительная влажность воздуха зимой колеблется от 70 до 85%.

Исследования показали, что водозабор и водопользование в невегетационный период обусловлены, с одной стороны, режимом водотоков и гидрогеологией, с другой - климатическими особенностями территории морозного периода.

На рисунке показана характеристика морозности зим за исследуемый период по "сумме холода" и количества морозных

дней в году, а также число морозных дней с различными среднесуточными температурами воздуха. Такое подразделение было связано с тем, что при температуре воздуха до -7°C

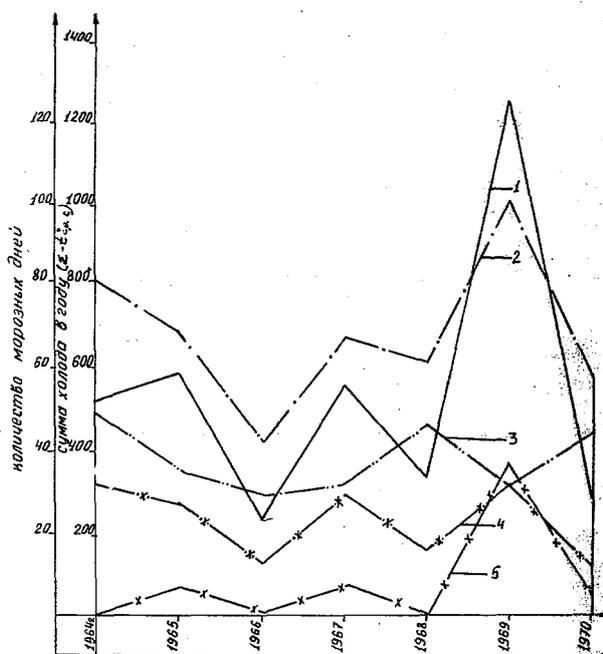


Рис.1 Характеристика морозности зим за период исследований по метеостанции Джамбул

1-сумма холода в году; 2-количество морозных дней в году;
3-количество морозных дней до -7° ; 4-количество морозных дней от -7° до -16° ; 5-количество морозных дней ниже -16°

водозабор и водоподача производятся без особых осложнений, с понижением температуры воздуха ниже -7°C до -16°C возникают некоторые ледошуговые затруднения, а при температу-

ре воздуха ниже -16°C эти трудности достигают наибольших размеров. Объем ледошуговых затруднений зависит также от типа питания источников орошения.

В Джембулской области преобладает смешанный снегово-ледниковый тип питания с подпитыванием на отдельных участках грунтовыми водами. В таких источниках в районе водозаборов при температуре воздуха -8°C начинается образование шуги. Этот вид ледообразования приносит наибольшее затруднение во время зимней эксплуатации головных водозаборов и каналов. Для водоисточников родникового типа питания характерны устойчивые и сравнительно высокие температуры воды при выходе ее на поверхность (около $+12^{\circ}\text{C}$). В связи с этим лед и шуга начинают образовываться на них при температуре воздуха на несколько градусов ниже и с меньшей интенсивностью, чем на водотоках поверхностного происхождения.

С понижением температуры воздуха интенсивность шугохода возрастает, и при температурах воздуха ниже $-15-16^{\circ}\text{C}$ для водозабора возникают значительные трудности. Основные меры по преодолению этих трудностей заключаются в следующем: пропуск шуги транзитом в каналы и в нижний бьеф, маневрирование затворами сооружений, обогрев закладных частей и очистка их от льда. К сожалению, существующие сооружения не приспособлены к зимней эксплуатации: отсутствуют шугосбросы и промывники, щиты поднимаются вручную, нет обогрева и необходимого энергоснабжения. Более 60% точек водозабора совершен-

но не оборудованы сооружениями. Из-за возникающих затруднений в ряде случаев приходится временно прекращать забор воды в магистральные каналы.

Ледовые явления в оросительных каналах начинаются при температуре воздуха -4°C . С этого момента образуются забереги, а при температуре -6°C на участках канала, где скорость воды менее $0,5$ м/сек, — сплошной ледяной покров. При больших скоростях ледостав не образуется, а появляется шуга, причем на каналах раньше, чем на реках. Ледяной покров устойчиво сохраняется при стабильных горизонтах воды и температуры воздуха на прямолинейных участках или на участках с плавными поворотами. Смена похолоданий оттепелями, колебания горизонтов воды, наличие мелей, перекатов и крутых поворотов каналов затрудняют транзит льда и шуги по каналам и создают дополнительные трудности в борьбе с ними. Нормальное прохождение льда и шуги обеспечивается на участках со скоростями потока более $0,5$ м/сек и глубиной заполнения канала не менее $0,6-0,75$ м. Шуга в этом случае перераспределяется по всему потоку. При меньших скоростях она всплывает на поверхность и в местах подпоров, даже незначительных сужений и застойных зон быстро накапливается, уплотняется и смерзается, создавая очаги для заторов и зажоров.

Для значительной части оросительных систем Юга Казахстана характерно подпитывание оросительных каналов теплыми

грунтовыми водами на участках ниже конусов выноса, температура которых составляет $+10-12^{\circ}\text{C}$. За счет этих вод происходит значительное отопление потока. При удельном весе подпитывания $10-15\%$ нулевой створ, с которого начинается переохлаждение потока, смещается от начала зоны подпитывания вниз по сети в зависимости от температуры воздуха на $19-40$ км.

Анализ трудностей, возникающих в процессе эксплуатации сооружений и каналов в морозные периоды, позволил по сложности ведения эксплуатационных работ различать период нормальной эксплуатации, соответствующий температурам воздуха выше -7°C ; период средней сложности - при температурах воздуха от -7 до -16°C ; период сложной эксплуатации - при температурах ниже -16°C .

Статистическая обработка данных многолетних метеорологических наблюдений гидрометеорологических станций показала, что в среднем по предгорной зоне области длительность морозного периода составляет при 1% обеспеченности 132 дня, при 50% обеспеченности 81 день, при 75% обеспеченности 71 день. Количество дней с температурами воздуха до -7°C соответственно составляет 65 , 44 и 37 ; с температурами воздуха от -7 до -16°C - 45 , 27 и 21 ; с температурами воздуха ниже -16°C - 20 , 10 , 8 дней. При этом установлено, что данные 50 и 75%

обеспеченности характеризуют наиболее вероятные случаи зим этой зоны по "сумме холода" и количеству морозных дней.

Таким образом, материалы обработки позволяют получить вероятные характеристики продолжительности отдельных периодов эксплуатационных работ различной сложности для невегетационного периода и правильно планировать затраты на эксплуатационные работы.

В таблице приводятся дополнительные издержки по подаче воды (по материалам исследований для трех реальных лет) на I га возможного полива влагозарядкой (руб./га). Издержки подсчитаны на основании эксплуатационных затрат Джамбулского Облуос.

Годы	Условия сложности эксплуатации системы		
	нормальные	средние	сложные
1964	1,3	4,1	-
1965	0,8	3,7	5,3
1966	1,1	3,9	5,6

Исследования показали, что в период невегетационной эксплуатации оросительных систем влагозарядковые поливы в условиях Юга Казахстана можно проводить двумя способами: увлажнением почвы поливами в расчете на впитывание воды в почву или намораживанием слоя льда.

Первый способ сравнительно хорошо изучен в ряде районов страны (в теплый период), и по этому вопросу имеются необходимые рекомендации. В исследованиях применительно к рассматриваемой зоне эти рекомендации уточнены. Установлено, что лучшие результаты дает полив по узким (3,6-4,2 м) полосам, подготавливаемым специально полосообразователем.

Способ полива намораживанием льда следует применять при температуре воздуха ниже -10 - -12°C . Ускорению намораживания способствует наличие снегового покрова. Исследования показали, что при намораживании наилучшие результаты дает устройство узких полос с подачей воды небольшой струей, обеспечивающее добежание воды до конца полосы и замерзание ее по всей длине. Слой воды монолитно смерзается с почвой (притертый лед) или намерзает в виде корки (при теплой поливной воде). В случае образования ледяной корки сохраняется воздушная прослойка, что позволяет применять намораживание на зимующих посевах (озимые, зерновые, травы).

Результаты исследований КазНИИВХ по выявлению эффективности влагозарядковых поливов под посевы зерновых культур

показали, что с учетом всех затрат по эксплуатации межхозяйственного и внутрихозяйственного звеньев и по проведению поливов общая сумма дополнительных издержек составила на один гектар политой площади от 5,3 до 12,35 руб./га. Такие затраты окупаются прибавкой урожая по зерновым всего 2 ц/га. Реальные же приросты урожая от влагозарядки на бедных почвах с одним вегетационным поливом достигают 14, а с внесением удобрений - 20 ц/га.

УДК 631.67/631.11:631.34

Н.Ю.Креккер

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР
БОРОЗДКОВО-ДОЖДЕВАЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ

Условия применения борозdkово-дождевальных агрегатов

Полив - один из основных агроприемов орошаемого земледелия, направленный на поддержание в почве и в приземном слое воздуха соответствующего водного режима и обеспечивающий в комплексе с другими агроприемами получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому при выборе способов и техники полива должны учитываться не только агробиологические особенности сельскохозяйственных культур, но и почвенно-мелиоративные условия орошаемого земледелия и технические показатели поливных машин.

Дождевание наиболее эффективно на почвах повышенной водопроницаемости с близким уровнем залегания пресных грунтовых вод. При слабой водопроницаемости почв и глубоком уровне залегания грунтовых вод эффективность дождевания резко снижается; здесь более выгоден полив по бороздам.

В определенных условиях целесообразно сочетать дождевание с поливами по бороздам как в период вегетации, так и в процессе каждого полива. Например, ранние поливы можно проводить дождеванием, а последующие, когда возникает необходимость глубокого промачивания почвы в связи с развитием корневой массы растений, - по бороздам. Можно и каждый полив проводить и по бороздам, и дождеванием. Комбинированные борозdkово-дождевальные поливы в значительно большей степени, чем поливы только одним способом, удовлетворяют потребности растений в воде, создавая после каждого полива благоприятный водный режим почвы и приземного слоя воздуха. Сочетание дождевания с поливами по бороздам и комбинированные борозdkово-дождевальные поливы в свекло-сеющих хозяйствах Джамбулской и Алма-Атинской областей в 1963-1969 гг. обеспечило получение урожая сахарной свеклы от 400 до 580 ц/га, в то время как урожаи при чистом дождевании и поливе по бороздам были на 15-25 и более процентов ниже.

Механизированные поливы дождеванием и по бороздам, а также сочетание этих способов полива в течение вегетации и в процессе каждого полива можно осуществлять борозdkово-дождевальным агрегатом, разработанным на базе агрегата ДДА-100М и оснащенным комбинированными поливными органами,

позволяющими переключать агрегат на различные способы полива.

Подготовка поливного участка

Наиболее выгодно применять борозdkово-дождевальные агрегаты на больших земельных участках, так как при этом обеспечивается более полная их загрузка. Размеры участка, обслуживаемого одним агрегатом, зависят от конкретных природно-хозяйственных условий. При круглосуточной работе агрегата оптимальная площадь участка (оросительная норма - 5000-7000 м³/га) составляет 60-80 га. В случае снижения оросительной нормы до 3500-5500 м³/га (например, при близком залегании пресных грунтовых вод) участок можно увеличить до 90-120 га.

Нагрузка на один агрегат может быть определена по формуле

$$F = q (1 - \beta) t \Sigma \cdot \min \frac{T}{m} \text{ га}$$

- где q - расход воды агрегатом, м³/час;
 β - коэффициент учета потерь воды при внесении ее дождеванием;
 t - продолжительность работы агрегата в сутки, час/сут.;
 Σ - коэффициент использования рабочего времени;

- T - продолжительность межполивного периода, сут.;
- M - поливная норма, предшествующая межполивному периоду, м³/га.

Форма и размеры поливного участка должны быть увязаны друг с другом. Оптимальными являются участки прямоугольной формы шириной 660-770 и длиной 800-1000 м. Такие участки разбиваются временными оросителями на 6-7 делянок, где обособленно проводятся все работы поливного цикла. Ширину делянок определяет захват бороздково-дождевального агрегата, а длину - его производительность и производительность тракторных агрегатов по уходу за посевами.

Бороздково-дождевальный агрегат работает от сети открытых оросителей с пропускной способностью не менее 120 л/сек. Нарезается оросительная сеть канавокопателем КОР-500 в агрегате с трактором Т-100 или в два прохода канавокопателем КЗУ-0,3 с трактором ДТ-75.

Временные оросители располагают параллельно длинной стороне поля, вдоль рядков. Желательно, чтобы уклон дна не превышал 0,003-0,004. Первый ороситель нарезают на расстоянии 52 м от края поля. Если на этом участке в течение вегетационного периода предусматривается проведение поливов только дождеванием, то расстояние между оросителями увеличивают до 120 м, а первый ороситель нарезают на расстоянии

57 м от края поля. Ширина участка при этом принимается кратной ширине захвата агрегата при дождевании (120 м).

При недостаточно спланированной поверхности поля вдоль оросителя устраивают дорогу шириной около 4 м. Если рельеф участка ровный, дорогу можно специально не готовить: агрегат может двигаться вдоль оросителя и по посевам, сминая 2-3 рядка растений.

Временную оросительную сеть обычно нарезают после появления всходов и проведения, если предусмотрено технологией выращивания возделываемой культуры, поперечных обработок. При необходимости проведения вызывных поливов до появления всходов оросители нарезаются по вешкам. Ороситель и дорогу для агрегата располагают на одном захвате сеялки для обеспечения нормального проведения последующих работ по уходу за растениями. Участковый распределитель нарезают на расстоянии 5-6 м от границы поливного участка. Полоса между участком и распределителем служит дорогой для агрегата при переезде с одного оросителя на другой и разворотной полосой для агрегатов, производящих работу на этом участке. Для проезда через ороситель начало или конец его оборудуются мостиками. На распределителе для регулирования расхода воды в оросители устанавливают регулирующие водовыпуски. В конце участка на расстоянии 5-6 м от него нарезается водосбросной канал, соединенный со всеми ороси-

телями. Разворотную полосу между сбросным каналом и участком можно использовать также для проезда агрегата на другой ороситель.

Подготовка агрегата к поливу

Подготовка бороздково-дождевального агрегата к поливу заключается в его сборке или ремонте, а также подготовке трактора ДТ-54А, с которым работает агрегат. Оснащение агрегата зубчатой муфтой вала отбора мощности и скользящей перемычкой производится так же, как и в агрегате ДДА-100М.^х

В комплект бороздково-дождевального агрегата входят 180 комбинированных поливных органов, каждый из которых объединяет короткоструйную дождевальную насадку и поливной шланг. Поливные органы на каждой ветви консолей фермы последовательно соединяются друг с другом тягами, соединенными в середине фермы со штоками гидроцилиндров механизма переключения агрегата. Расстояние между поливными органами, устанавливаемыми в шахматном порядке на каждой консоли, равно 120 см по длине ветви консоли, что соответствует междурядью 60 см.

^х Носенко В.Ф., Боровенский Н.П. Рекомендации по проведению поливов сахарной свеклы агрегатом ДДА-100М. Изд. "Кайнар", Алма-Ата, 1967.

На агрегате можно использовать ферму агрегата ДДА-100М, но при этом за счет удлинения боковых растяжек секций консоли опускаются до положения, при котором нижний пояс труб располагается горизонтально или с незначительным подъемом от середины агрегата к его концам. При применении фермы агрегата ДДА-100М дождевальные насадки вместе с открылками отсоединяются, а отверстия для их крепления в трубах консолей заглушаются пробками. Поливные органы крепятся к штуцерам, предварительно приваренным к трубам нижнего пояса фермы. Комплекуются поливные органы так, чтобы длина шлангов изменялась от 190 до 250 см. Диаметры водовыпускного отверстия поливных органов (7 до 9 мм) постепенно увеличиваются от центра фермы к ее концам для обеспечения равного расхода воды всеми поливными органами (табл. I).

Бороздково-дождевальный агрегат предназначен преимущественно для проведения комбинированных поливов дождеванием и по бороздам. Полив по бороздам обычно проводят позиционно, а дождевание - в движении, при переезде с позиции на позицию. Агрегат обеспечивает равномерный полив всего участка с заданным соотношением объемов воды, выливаемой дождеванием и по бороздам. Потери воды на сброс и глубинную фильтрацию минимальны за счет применения скользящей перемычки. Для проведения качественных поливов не нужна капитальная планировка поверхности участка. Контроль за полив-

ными нормами и работой агрегата можно осуществлять при помощи счетчика-водомера, подключаемого параллельно нагнетательному трубопроводу агрегата.

Таблица I

Комплектовочная ведомость к бороздково-
дождевальному агрегату

№ секции от центра фермы	Диаметр водовыпускно- го отверстия поливного органа, мм				Длина поливного шланга, см			
I	7	7	7	7	190	190	190	190
II		7	7	7		190	190	190
III		7	7	7		200	200	200
IV	7	7	7	7	200	200	200	200
V		7	7	7		210	210	210
VI		7	7	7		210	210	210
VII	8	8	8	8	220	220	220	220
VIII		8	8	8		220	220	220
IX		8	8	8		230	230	230
X	8	8	8	8	230	230	230	230
XI		9	9	9		240	240	240
XII		9	9	9		240	240	240
XIII	9	9	9	9	250	250	250	250
XIV			9					250

Для проведения поливов в ночное время агрегат снабжен такой же системой электроосвещения, как ДДА-100М.

Организация труда и водопользования

Для бесперебойной и высокопроизводительной работы бороздково-дождевальных агрегатов необходимо, чтобы каждый агрегат обслуживали два сменных тракториста, имеющие специальную подготовку. В пусковой период (10-15 суток) целесообразно за каждым агрегатом закрепить одного подсобного рабочего для регулирования расхода воды в оросителе, проведения мелкого ремонта оросительной сети и участия в несложных ремонтах, неизбежных в период пуска агрегата.

Полив начинается с крайнего оросителя участка. Тракторист устанавливает агрегат на позицию, открывает водовыпуск для подачи воды в ороситель и запускает агрегат. Полив участка вдоль оросителя производится по отрезкам, длина которых зависит от водно-физических свойств почвы и степени спланированности участка.

Если агрегат производит комбинированный полив, то при начале работы от головы оросителя прежде всего поливают по бороздам; после внесения требуемой поливной нормы на отрезке участка, соответствующем длине добега струи в борозды, агрегат переключают на полив дождеванием; переезжая на

следующую позицию, агрегат осуществляет полив дождеванием в движении. Если агрегат начинает работать с конца оросителя, то вначале производится полив дождеванием при движении агрегата на отрезке оросителя до первой позиции, затем агрегат переключается на полив по бороздам, который производится позиционно, продолжительность его соответствует норме полива по бороздам.

Общая поливная норма при комбинированном поливе определяется как сумма поливных норм, вносимых каждым способом, по формуле

$$m = m_q + m_b = 10hn + \frac{3.6 \cdot 10^4 \cdot q \cdot t}{lv} \text{ м}^3/\text{га}$$

- где
- m_q - поливная норма дождевания, $\text{м}^3/\text{га}$;
 - m_b - норма полива по бороздам, $\text{м}^3/\text{га}$;
 - h - слой дождя за один проход агрегата, мм;
 - n - число проходов агрегата дождеванием;
 - q - расход воды в поливную борозду, л/сек;
 - t - продолжительность стоянки агрегата на позиции при поливе по бороздам, час;
 - l - расстояние между позициями, м;
 - b - ширина междурядий, м.

Продолжительность стоянки агрегата на позиции при поливе по бороздам определяется по формуле

$$t = \frac{mb \cdot lv}{6 \cdot 10^5 q n (1+k)} \text{ мин.}$$

- где m - общая поливная норма, м³/га;
 $l\delta$ - длина добега поливной струи в борозды, м;
 q_n - расход насоса агрегата, м³/сек;
 K - отношение поливных норм дождеванием и по бороздам;

Расчетная производительность агрегата за смену равна

$$W_{cm} = \frac{\tau \cdot T_{cm} \cdot q_n}{m} \text{ га/смену,}$$

- где τ - коэффициент использования рабочего времени смены;

T_{cm} - продолжительность смены, час.

Максимальный коэффициент использования рабочего времени агрегата при отсутствии непроизводительных затрат времени, не связанных с технологическим процессом полива, определяют по выражению

$$\tau_{max} = (1 - \psi) \frac{T_{cm} - t_{xy}}{T_{cm}} = \frac{1}{1 + \frac{q_n \cdot t_{пер}}{0,0001 m \delta}} \cdot \frac{T_{cm} - t_{xy}}{T_{cm}}$$

- где ψ - коэффициент холостых ходов агрегата; выражает отношение времени, необходимого для выполнения технологических операций, связанных с окончанием полива на одном оросителе и началом работы на другом, к полному времени работы агрегата;

$t_{тy}$ - продолжительность ежесменного технического ухода, час;

$t_{пер}$ - технологическое время для начала работы на оросителе после окончания его на предыдущем, час.

При нечетном числе проходов агрегата по оросителю

$$t_{пер} = \frac{B}{V_{тр-1}} + \frac{L}{V_{тр-2}} + t_{пов} + t_{откр} + t_{закр}.$$

где $V_{тр-1}$ - средняя транспортная скорость при движении агрегата с оросителя на ороситель, м/час;

$V_{тр-2}$ - средняя транспортная скорость при движении агрегата вдоль оросителя, м/час;

$t_{пов}$ - продолжительность разворотов и перехода через ороситель, час;

$t_{откр. и т. закp.}$ соответственно время на открытие работающего и закрытие отработавшего оросителя, час.

При четном же числе проходов агрегата по оросителю

$$t_{пер} = \frac{B}{V_{тр-1}} + t_{пов} + t_{откр} + t_{закр}.$$

По данным хронометража, $V_{тр-1} = 1400$ м/час;

$V_{тр-2} = 2200$ м/час; $t_{пов} = 4$ мин; $t_{откр} = t_{закр} = 5$ мин.

С учетом данных хронометража и технической характеристики агрегата разработаны нормы выработки, которыми пользовались при проведении комбинированных поливов бороздочно-дождевальным агрегатом в 1967-1969 гг.

В табл. 2 приведены основные технико-экономические показатели борозdkовo-дождевального агрегата.

Таблица 2

Технико-экономические показатели борозdkовo-дождевального агрегата

Показатели	Величина показателей при использовании агрегата для полива		
	комбинированным способом	дождеванием	по бороздам
I	2	3	4
Расход воды агрегатом, л/сек	90-110	90	110
Ширина захвата, м	III	120	III
Интенсивность дождя, мм/мин	2,4-3,0	2,4-3,0	-
Средний диаметр капель дождя, мм	0,8-1,5	0,8-1,5	-
Расход воды поливными шлангами, л/сек	0,5-0,6	-	0,5-0,6
Производительность при поливе нормой 600 м ³ /га, га/час	0,48-0,54	0,48-0,54	0,48-0,54
Обслуживающий персонал, чел	I	I	I
Нагрузка на агрегат при оросительной норме 5-7 тыс. м ³ /га, га	60-90	60-90	60-90
Себестоимость полива нормой 600 м ³ /га, руб/га	5-6	5-6	5-6

I	2	3	4
Коэффициент использования земли	0,93-0,95	0,95-0,97	0,93-0,95
Коэффициент использования воды	0,85-0,95	0,80-0,90	0,85-0,95
Коэффициент использования времени	0,60-0,80	0,65-0,85	0,60-0,80
Коэффициент эксплуатационной надежности	0,75-0,90	0,75-0,90	0,75-0,90

Опыт применения двухконсольных борозdkовo-дождевальнх агрегатов в 1967-1969 гг. показал, что комбинированные поливы при правильном и своевременном выполнении других агроприемов могут служить залогом получения высоких и устойчивых урожаев пропашных культур при значительном снижении себестоимости их возделывания.

УДК 631.43 : 633.63

А.В.Огрызков

ПРОВЕДЕНИЕ РАННИХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПОЛИВОВ
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮГО-ВОСТОКА
КАЗАХСКОЙ ССР

Климатические условия степной зоны свеклосеяния юго-востока Казахстана (малая величина осенне-зимних осадков, высокие температуры и низкая влажность воздуха, наличие суховея в весенний период) затрудняют получение дружных всходов сахарной свеклы при существующих режимах и технике ее полива. Ежегодно в этой зоне наблюдаются пересевы свеклы на большой площади.

Основная причина пересевов сахарной свеклы - недостаток влаги в верхнем слое почвы. В связи с этим необходимо проведение ранних поливов. Однако, каким образом осуществлять эти поливы? Поливы напуском ведут к образованию почвенной корки и гибели еще неокрепших ростков сахарной свеклы. На средних и тяжелых заплывающих почвах нежелательно проводить ранние поливы и дождеванием, так как дождевые капли повреждают неокрепшие ростки и в непосредственной близости от них образуется почвенная корка.

Ранние поливы целесообразно проводить по бороздам без замочки их гребней. Но нарезать борозды в ранний период трудно ввиду отсутствия четко выраженных всходов. Кроме того, нарезка поливных борозд в это время при существующей ширине междурядий приводит к засыпке 30-50% всходов. КазНИИВХ рекомендует нарезку поливных борозд проводить одновременно с севом сахарной свеклы. Для этой цели сконструировано, изготовлено и опробовано приспособление для нарезки поливных борозд.

Приспособление состоит из семи секций, навешиваемых на рамы сеялок ССН-6А и СТСП-6 между секциями высевальных аппаратов. Каждая секция состоит из окучника-бороздореза и профилирующего катка, которые соединяются между собой системой рычагов и тяг. Во время работы агрегата окучниками нарезаются борозды, в гребни которых заделываются семена. Профиль борозды прикатывается профилирующим катком. Удельное давление катка на почву регулируется с помощью пружины. В каток заливается вода или засыпается песок. Сеялка с приспособлением для нарезки поливных борозд агрегируется с тракторами "Беларусь" различных модификаций и Т-38.

Эффективность проведения ранних поливов изучалась в 1960-1961 гг. в колхозе "Путь Ленина", Курдайского района; в 1964-1965 гг. - на полях свеклосовхоза "Новотроицкий",

Чуйского района, и в 1966-1968 гг. - в свеклосовхозе им. Розы Люксембург, Курдайского района, Джамбулской области.

Ранние поливы проводились агрегатом ДДА-100М, переоборудованным в поливную машину. Отверстия в насадках агрегата заглушали резиновыми прокладками, а в трубы фермы, на расстоянии 60 см друг от друга, вваривали штуцера с калиброванными отверстиями, диаметр которых по мере удаления от трактора к концу консолей увеличивался, что делалось для равномерного распределения воды по ширине захвата поливной машины. К штуцерам с помощью проволочных скруток крепились брезентовые шланги, по которым вода поступала в борозды с расходом 0,5-0,6 л/сек. Полив производился без затопления гребней. Поливная машина может производить полив позиционно и в движении. Она удобна также тем, что с ее помощью можно давать любую поливную норму при равномерном увлажнении почвы по длине борозд.

В случае заполнения борозд водой и перелива через гребни позиционный полив можно прекратить и переехать на другую позицию. На участках с плохим микрорельефом, где при позиционном поливе малой нормой происходит перелив воды через гребни, полив можно проводить в движении.

С целью изучения предлагаемого приема на двух ярусах одного участка в четырехкратной повторности был заложен полевой опыт. Опыт состоял из двух вариантов и контроля.

Вариант I: оптимальный срок сева сахарной свеклы с одновременной нарезкой поливных борозд и проведение ранних поливов при влажности верхнего 20-сантиметрового слоя почвы 70% от предельной полевой влагоемкости (ППВ).

Вариант II: оптимальный срок сева сахарной свеклы с одновременной нарезкой поливных борозд и проведение ранних поливов при влажности верхнего 20-сантиметрового слоя почвы 75% от ППВ.

Контроль: оптимальный срок сева сахарной свеклы обычным способом и проведение полива в сроки, принятые в хозяйстве, но не ниже влажности 20-сантиметрового слоя почвы 60% от ППВ.

Первые поливы проводились поливными нормами 400-600 м³/га. Этого количества воды вполне достаточно для увлажнения верхнего корнеобитаемого слоя почвы. Последующие поливы проводились нормами 800-1000 м³/га. В различные годы оросительные нормы на вариантах с ранними поливами составляли 7000-8000 м³/га, а при обычном севе несколько меньше.

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что ранние поливы сахарной свеклы по бороздам, нарезанным во время сева, в высокой степени удовлетворяют агробиологическим требованиям сельскохозяйственного производства. Улучшение теплового режима почвы (температура в гребне была на

1,5-2⁰С больше, чем на ровной поверхности) за счет гребневания поверхности поля, улучшение воздушного режима в гребнях борозд и, наконец, возможность широкого регулирования водного режима почвы (влажность в слое распространения основной массы корней свеклы в первый период ее развития по I и II вариантам не опускалась ниже 70-75% от ППВ, тогда как на контроле она равнялась до 50-60%) - все это создает условия для интенсивного роста и развития сахарной свеклы в начальный период ее развития.

Фенологические наблюдения показывают, что развитие растений на контроле по фазам на 7-10 дней отстает от I и II вариантов опыта. В результате прибавка в урожае на I и II вариантах составила: в 1960 г. 75-95 ц/га, в 1961 - 45-60, в 1964 - 145-155, в 1965 - 80-130 и в 1966 г. - 70-110 ц/га.

Предлагаемый способ сева, кроме того, позволяет исключить механическое повреждение неокрепших ростков сахарной свеклы при нарезке поливных борозд и проводить качественные бороздковые поливы для увлажнения почвы, стимулирования прорастания семян свеклы (вызывные поливы), улучшения теплового режима почвы (специализированные поливы в целях борьбы с заморозками). Таким образом, при севе с одновременной нарезкой поливных борозд можно более широко регулировать водно-воздушный и тепловой режимы почвы, а следова-

тельно и создавать оптимальные условия для роста и развития сахарной свеклы.

При этом удовлетворяются агропочвенные и мелиоративные требования сельского хозяйства. Замена поливов напуском и некачественных поливов по бороздам (с переливом воды через гребни мелких борозд) качественными бороздковыми поливами позволяет на значительной части поля сохранить структуру верхних горизонтов почвы, не подвергая ее механическому воздействию воды. При этом уменьшаются потери воды на сброс, глубинную фильтрацию и, следовательно, предотвращается ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель.

Улучшение водно-воздушного и теплового режимов почвы за счет проведения ранних поливов и гребневания поверхности почвы создает условия для активной жизнедеятельности микроорганизмов и тем самым способствует увеличению плодородия земель, т.е. решению одной из основных задач сельского хозяйства. Так, наблюдения за процессом нитрофикации показали, что благоприятные физические условия в почве на гребнях обеспечивают активную деятельность микробов. Уже в первые дни посева сахарной свеклы в почве на гребнях по всей глубине пахотного слоя (0-30 см) происходило интенсивное накопление нитратов (I и II варианты опыта), тогда как на гладкой поверхности этот процесс был замедлен. Среднее содержа-

ние нитратов на I кг почвы за контрольные периоды составило на I варианте 7,4 мг, на II варианте - 8,64 и на контроле - 6,27 мг.

Организационные требования сельскохозяйственного производства также удовлетворяются в высокой степени при проведении ранних бороздковых поливов сахарной свеклы. Внедрение в практику этого приема позволит подойти к решению ряда гидротехнических и агротехнических задач возделывания сахарной свеклы в условиях орошения.

В первую очередь можно будет широко внедрять бороздковые поливы сахарной свеклы. Поливные борозды, нарезанные одновременно с севом, позволят проводить ранние поливы, совпадающие по сроку с паводками водотоков степной зоны (10 апреля - 10 мая), и тем самым разряжать напряженные из-за дефицита воды более поздние периоды вегетации (10 мая - 10 июня), что очень важно в условиях недостатка водных ресурсов степной зоны свеклосеяния юго-востока Казахстана.

Обеспечение равномерного увлажнения почвы при этом позволяет гарантировать хорошее качество всходов и необходимую густоту растений при нормах высева до 12 кг/га, что в свою очередь намного уменьшает объем работ по прорывке свеклы. Опыт в колхозе "Путь Ленина" показал, что производительность труда при прорывке может быть увеличена до 0,13-0,15 га/смену, т.е. в два раза по сравнению с произ-

водительностью труда при обычном севе с нормой высева 20-25 кг/га.

Предлагаемый способ сева снижает общие затраты на выращивание сахарной свеклы за счет комплексного проведения агроприемов (одновременный сев с нарезкой поливных борозд). Качественно нарезанные борозды улучшают и увеличивают производительность труда при поливе. Предлагаемый прием внедрялся в производство в 1966-1968 гг. на полях свеклосовхоза им. Розы Люксембург. Экономический эффект от внедрения с площади 50 га составил 8-12 тыс.руб.

УДК 631.67/631.11:631.34

Н.Ю.Креккер

ПОЛИВНЫЕ ОРГАНЫ К АГРЕГАТАМ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО
ПОЛИВА

В последние годы отечественные и зарубежные ученые исследуют сочетания поливов сельскохозяйственных культур дождеванием и по бороздам, проводимых как в течение вегетации, так и в процессе каждого полива. Результаты этих исследований свидетельствуют, что в подавляющем большинстве случаев такие поливы обеспечивают повышение урожайности возделываемых культур по сравнению с поливами только дождеванием и только по бороздам при равных поливных и оросительных нормах. Но в практике орошаемого земледелия комбинированные бороздково-дождевальные поливы применяются весьма ограниченно, что объясняется исключительно отсутствием нужной поливной техники.

В настоящее время известны три основных типа бороздково-дождевальных агрегатов, нашедших применение при проведении исследований комбинированных поливов и отличающихся конструктивной схемой, технологией работы и диапазоном применения.

Первый тип - это агрегаты с двумя отдельными водоподводящими поясами труб к рабочим органам для полива дождеванием и по бороздам, подвод воды к которым осуществляется отдельными насосами. Полив проводится, как правило, в движении, при перемещении агрегата вдоль водовода - оросительного канала. Диапазон применимости таких агрегатов сравнительно узок. Это объясняется тем, что полив дождеванием и по бороздам осуществляется одновременно, вследствие чего отношение объемов воды, выливаемой в виде дождя и по бороздам, у таких агрегатов строго постоянное и равно отношению расходов насосов, подающих воду соответственно в распределительные поясы труб агрегата для полива дождеванием и по бороздам. Примером агрегата такого типа является бороздково-дождевальная машина БДМ-200 конструкции Туркменского НИИ земледелия, предназначенная для полива хлопчатника. Эта машина обеспечивает внесение 5-6% всего объема воды, забираемого машиной в виде дождя, чего по проведенным исследованиям достаточно для хлопчатника при возделывании его в условиях Туркменистана.

Ко второму типу бороздково-дождевальных агрегатов относятся агрегаты с двумя отдельными водоподводящими поясами труб к рабочим органам для полива дождеванием и по бороздам. Однако питание водой здесь производится не параллельно, как у первого типа агрегатов, а последовательно, при помощи од-

ного водяного насоса, который в зависимости от требуемого способа полива соединяется задвижками на напорной линии, или с поясом труб, снабженным дождевальными насадками, или же с поясом труб, снабженным поливными органами для дождевания.

Каждый полив таким агрегатом состоит из двух последовательно проводимых поливов дождеванием и по бороздам. При этом полив по бороздам проводится позиционно, а дождевание - в движении, при переезде с позиции на позицию. Агрегаты такого типа универсальны: они обеспечивают проведение полива с любым отношением объемов воды, выливаемых каждым способом, путем варьирования продолжительности работы машины на позиции при поливе по бороздам и количества проходов агрегата между соседними позициями при дождевании. При необходимости такие агрегаты могут проводить поливы только дождеванием и только по бороздам. Агрегат такого типа был изготовлен и испытан в 1968 г. в КазНИИВХ. В ходе испытаний при комбинированных бороздково-дождевальных поливах сахарной свеклы было установлено, что, несмотря на кажущуюся простоту конструктивной схемы агрегата, он обладает рядом недостатков. Это - наличие двух водоподводящих поясов труб для каждого способа полива и заполнение обоих поясов труб водой при переключении агрегата с одного способа полива на другой. Возникающие вследствие этого дополнительные нагрузки на фер-

му весьма велики, порядка 1,5 т в момент переключения с полива по бороздам на дождевание, когда на ферму дополнительно действует реактивная сила воды, выбрасываемой направленными вверх насадками. При снижении дополнительных нагрузок на ферму необходим слив воды из отключенного, но заполненного водой пояса труб перед переключением агрегата на другой способ полива, т.е. подачи воды в другой, незаполненный водой пояс труб. При этом неизбежны дополнительные затраты времени, т.к. самотечный слив воды из заполненного пояса труб длится около 5 мин, что обычно приводит к срыву вакуума во всасывающей линии агрегата, а это еще более увеличивает потери времени на переключение агрегата. Особенно велики потери времени при проведении комбинированных поливов с частыми остановками, например, при внесении малой нормы или при малой длине добегающей поливной струи в борозды.

Третий тип бороздково-дождевальных агрегатов - агрегаты с одним водораспределительным поясом труб, на котором установлены комбинированные поливные органы, объединяющие поливную шланг и дождевальную насадку. Переключение такого агрегата с одного способа полива на другой производится при помощи тяг, последовательно соединяющих поливные органы по длине консолей фермы. В середине фермы тяги соединяются со штоками гидроцилиндров, управление которыми производится из

кабины трактора агрегата. Применение на агрегате комбинированных поливных органов обеспечивает ряд преимуществ. Агрегаты такого типа универсальны, обеспечивают возможность проведения комбинированных поливов с любым соотношением норм воды, вносимых по бороздам и дождеванием, включая также поливы только одним из способов. Агрегат переключается с одного способа полива на другой фактически мгновенно, не останавливая процесс полива. Наличие на агрегате только одного водораспределительного пояса труб и одного насоса, поочередно используемых для полива дождеванием и по бороздам, упрощает агрегат и уменьшает нагрузку на консоли фермы. Это позволяет использовать для такого типа агрегатов фермы серийно выпускаемых ДДА-100М.

КазНИИВХ было разработано несколько вариантов комбинированных поливных органов к борозdkово-дождевальным агрегатам третьего типа. Борозdkово-дождевальные агрегаты (АДПА-120) с различными типами поливных органов испытывались в 1967-1969 гг. на хозяйственных участках при комбинированных поливах сахарной свеклы. На рис. 1 показана конструкция комбинированного поливного органа, примененного на борозdkово-дождевальном агрегате в 1967 г.

Поливной орган включает в себя короткоструйную дождевальную насадку (1) и поливной шланг (12), объединенные в одном узле. Поливной орган крепится к трубе (3) нижнего поя-

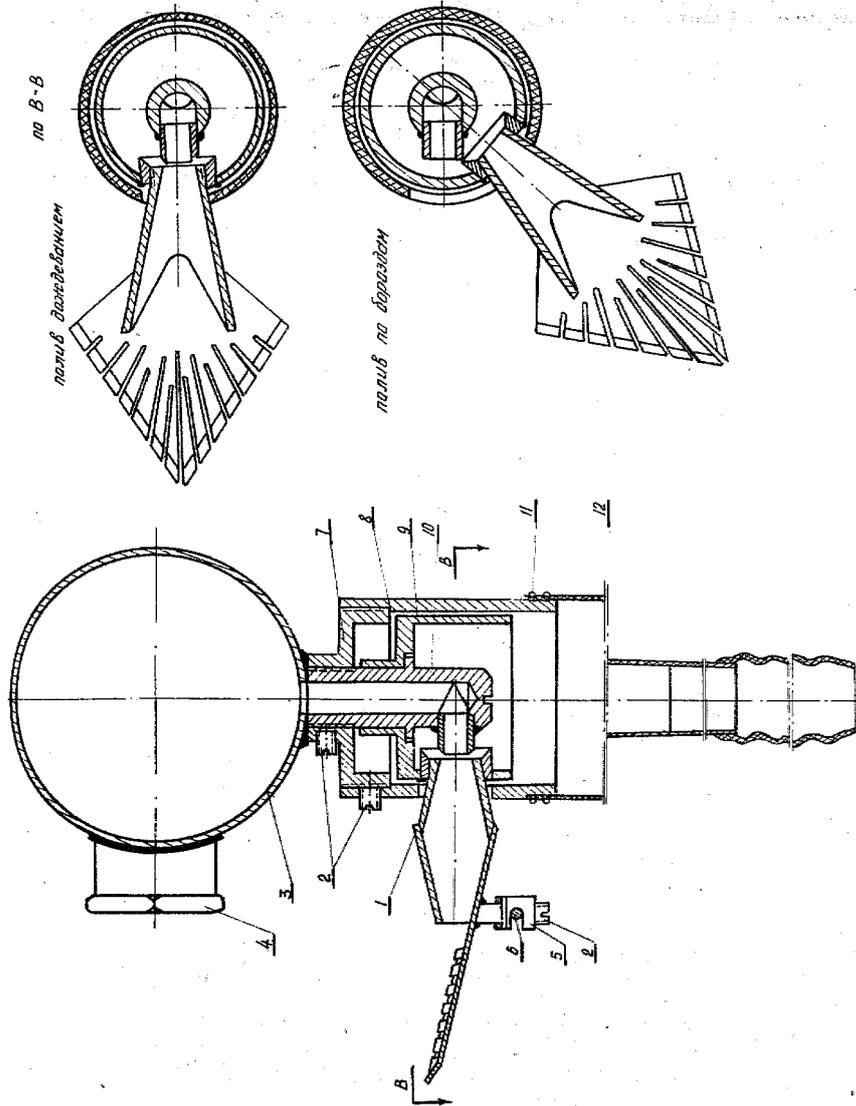


Рис. 1. Комбинированный поливной орган к борозdkово-дождеваль-
ному агрегату (1967 г.)

са фермы на приваренном к ней штуцере (7), в который ввернут водовыпускной штуцер (10). На последнем установлен цилиндрический отражатель (9), к которому крепится дождевальная насадка при помощи приваренного к боковой поверхности отражателя штуцера. На наружную поверхность штуцера (7) наворачивается труба (8), нижний конец ее проволочной скруткой (11) соединяется с поливным шлангом, а в боковое окно трубы входит конусная часть насадки. К нижней части насадки шарнирно крепится держатель (5) троса (6). Держатель и трос соединены при помощи стопорных винтов (2). Водовыпускной штуцер и труба фиксируются на штуцере также с помощью стопорных винтов.

При поливе дождеванием насадки при помощи тросового привода поворачиваются совместно с отражателями так, чтобы оси отверстий направляющих трубок штуцеров и насадок совпали. Упор основания насадки в торец окна трубы ограничивает поворот насадки. Вода через направляющую трубку корпуса поступает в коническую часть насадки, отражательными стенками направляется на струйный распылитель с прорезями и распыливается в виде дождя. Часть дождя, проходя через прорези, падает вблизи насадки, а основная часть при проходе струи воды через загнутые торцы струйного распылителя распределяется по остальной площади захвата. В результате обеспечивается

достаточно равномерное распределение струи от места ее выхода из насадки до конца полета.

При поливе по бороздам насадки тросовым приводом поворачиваются до упора своей конической частью в другой торец окна трубы (8) так, чтобы отверстия направляющей трубки штуцера (10) перекрывались отражателем (9). Вода при подаче ударяется о стенку отражателя и стекает по нему и трубе (8) в гибкий поливной шланг (12) и с малым напором направляется в борозды.

Испытания рабочих органов проводились в стендовых и полевых условиях. На стенде определялись зависимости расхода и средней интенсивности дождя отдельного рабочего органа от диаметра водовыпускаемого штуцера и подводимого напора. Согласно распределения напора по длине консолей фермы и требуемого расхода рабочего органа определялись диаметры водовыпускных штуцеров рабочих органов по длине консоли фермы. Испытания показали, что напор по длине консоли изменяется от 19-20 м вод.ст. в центре фермы до 9-10 м вод.ст. в конце консолей. Средний расход каждого рабочего органа при использовании нормального насоса 8К-12 составляет 0,55 л/сек (при расстоянии между рабочими органами по длине консолей фермы, соответствующем междурядью 60 см). При этом диаметр водовыпуска штуцера должен изменяться от 7,0 мм в середине фермы до 8,5 мм в конце консолей. На бороздково-дождевальном агре-

гате были установлены рабочие органы с тремя типоразмерами диаметров водовыпускных штуцеров: 7 мм - 74 шт., 7,5 мм - 58 шт. и 8,5 мм - 48 шт. Фактически расход рабочих органов по длине консоли фермы агрегата определялся в полевых условиях. Неравномерность расхода рабочих органов по длине консолей, по данным полевых испытаний, достигает $\pm 5,45\%$. Уменьшение неравномерности расхода может быть достигнуто за счет увеличения типоразмеров диаметров водовыпускных штуцеров.

Средняя интенсивность дождя рабочих органов определялась по данным замера расхода рабочих органов и площади захвата дождем. Средняя мгновенная интенсивность дождя рабочих органов по длине консоли агрегата изменялась от 2 мм/мин в начале консоли до 3,3 мм/мин в ее конце. Средняя мгновенная интенсивность по площади захвата составляла 2,54 мм/мин.

Эксплуатация в течение 1967 г. бороздково-дождевального агрегата, оснащенного вышеуказанными рабочими органами, выявила работоспособность как рабочих органов, так и механизма их переключения. При установке рабочих органов с помощью механизма переключения в положения "дождевание" или "полив по бороздам" существенных утечек воды через поливные шланги и дождевальные насадки не наблюдалось. Недостатком рабочих органов являлось образование при длительной

эксплуатации на трущихся поверхностях коррозии, что затрудняло, а иногда и вообще исключало возможность их переключения. Кроме того, при работе агрегата в условиях недостаточной подачи воды по заиленному временному оросителю часты случаи забивания отверстий водовыпускных штуцеров рабочих органов. Для исключения этих недостатков была разработана новая конструкция рабочих органов, основные детали которых выполнялись из полимерных материалов (капрона, полиэтилена), а отверстия водовыпускных штуцеров выполнены радиальными. Устройство рабочего органа представлено на рис. 2.

Корпус (1), служащий для соединения всех основных деталей рабочего органа, имеет в передней части отверстия для выхода воды, поступающей на целевой распылитель (2) из сопла (3). Отверстие в верхней части корпуса (1) служит для соединения корпуса со штуцером (4), приваренным к трубе (12) нижнего пояса фермы агрегата. Сквозная прорезь в передней части корпуса предназначена для установки заслонки (5), которая в зависимости от своего положения в прорези открывает или закрывает путь воде из сопла (3) к распылителю (2), т.е. обеспечивает полив или дождеванием или по бороздам. Сопло (3) жестко соединено со штуцером (4) посредством штифта (6). К нижней части корпуса при помощи штифтов (7) и (8) присоединен переходник (9), к которому

прикрепляется пружинными кольцами (10) поливной шланг (II).
Распылитель (2) соединен с корпусом (1) при помощи двух
винтов.

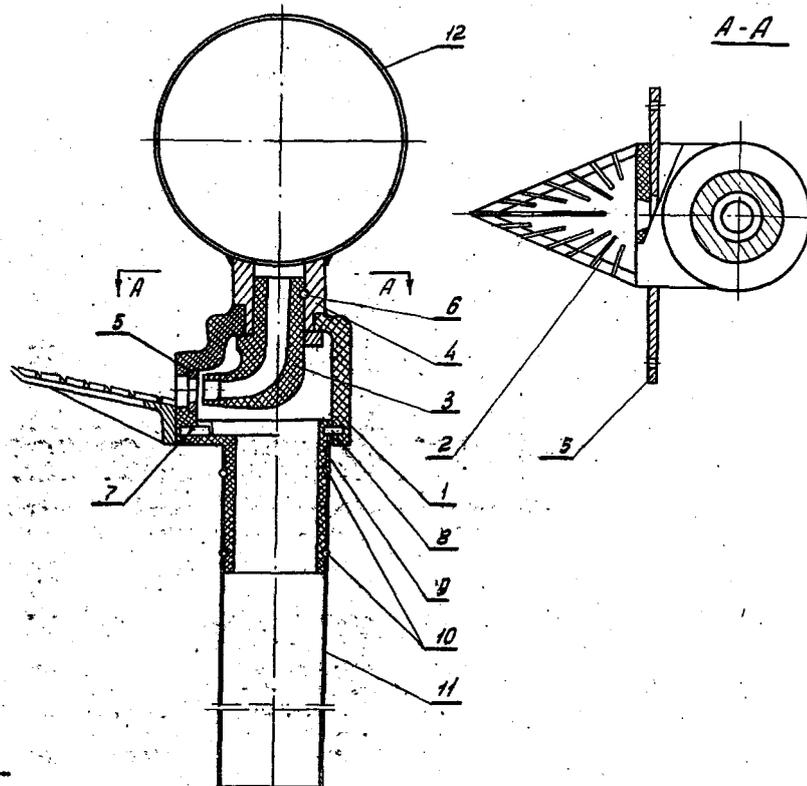


Рис. 2. Комбинированный поливной орган к бороздко-
во-дождевальному агрегату (1968 г.)

Изготовление корпуса (1), распылителя (2), сопла (3) и
переходника (9) проводилось горячим прессованием капрона и
полиэтилена в специальных пресс-формах. В связи с технологи-
ческими трудностями сопло изготовлялось составным, из двух

половинок, соединяемых клеем БФ. Этим же клеем для герметизации внутренней полости корпуса (I) промазывались места соединения его с переходником (9).

На распылителе (2) имелись сквозные радиально-лучевые щели, обеспечивающие площадь захвата дождем, начинающуюся непосредственно под рабочим органом. На каждой половине консоли фермы агрегата переключающие заслонки соединялись друг с другом при помощи тяг. Конечные тяги соединялись со штоками гидроцилиндров (в середине фермы непосредственно, а в конце консолей - через рычажный механизм и соединительный трос).

Все основные детали рабочих органов взаимозаменяемы, за исключением сопла, для которого с целью обеспечения примерно равного расхода рабочих органов приняты три типоразмера, отличающиеся диаметром выходного отверстия (от 7,0 до 8,5 мм). Рабочие органы устанавливались на ферме с горизонтальным нижним поясом труб, поэтому длина всех поливных шлангов была одинаковой (180 см).

Рабочие органы испытывались на стенде и в полевых условиях на агрегате. При испытаниях не отмечено существенных отклонений параметров этих рабочих органов по сравнению с первой конструкцией (образца 1967 г.).

Эксплуатация в течение 1968 г. агрегата, оборудованного рабочими органами новой конструкции, показала, что они луч-

ше, чем рабочие органы образца 1967 г., удовлетворяют требованиям проведения комбинированного бороздочно-дождевального полива, у них значительно уменьшилась забиваемость водовыпускных отверстий и улучшилось переключение. Однако при работе водой с повышенным содержанием илистых частиц и растительных остатков, особенно при недостаточной подаче воды к агрегату, наблюдались случаи засорения водовыпускных отверстий сопел рабочих органов, что иногда приводило к заклиниванию механизма переключения. Анализ показал, что чаще всего сопла засоряются при бороздочном поливе, так как переключающая заслонка, служащая гасителем напора при бороздочном поливе, является преградой для свободного выхода растительных остатков из сопла, что приводит к интенсивному его забиванию. Была разработана конструкция рабочего органа с прямоточным выходом воды при поливе по бороздам (рис. 3).

Корпус (1), служащий для объединения всех деталей рабочего органа и крепления его к трубе нижнего пояса фермы, образует совместно с крышкой (9) целевую насадку с шириной щели 2,5 мм. При перекрытии отверстия в крышке (9) шариком (8) рабочий орган работает в режиме дождевания. Для переключения рабочего органа на полив по бороздам шарик (8) при помощи тросика (2), соединенного с шариком за ушко (6), выводится в патрубок (5). При этом вода из водовыпускного от-

верстия корпуса прямоотком поступает в крышку (9) и далее - в поливной шланг, соединенный с цилиндрической частью крышки. Для устранения утечек воды при дождевании патрубок (5) закрыт колпачковой гайкой (3), а между корпусом и

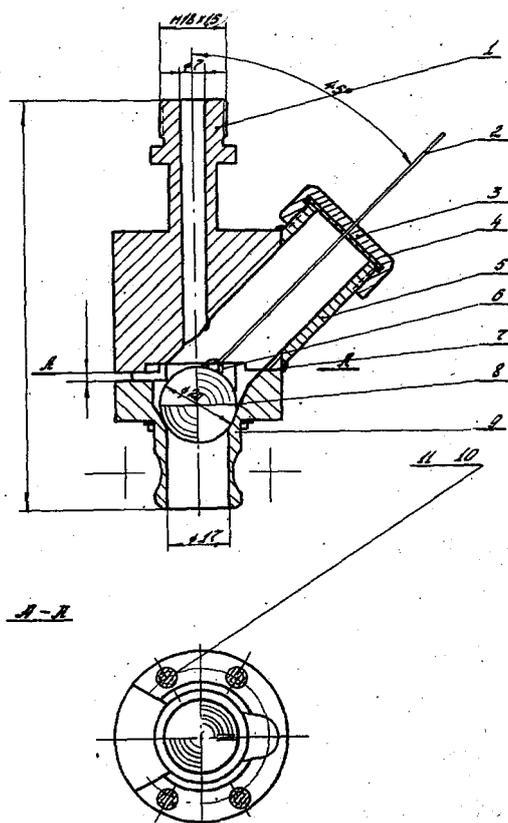


Рис. 3. Комбинированный поливной орган к борозdkово-дождевальному агрегату (1969 г.)

крышкой, корпусом и гайкой установлены резиновые прокладки (7) и (4). Крышка соединена с корпусом (I) четырьмя болтами (10) с шайбами (II).

Испытания рабочих органов, проводившиеся в 1969 г. в стендовых условиях, показали работоспособность этой конструкции как при дождевании, так и при поливе по бороздам. Препятствием к применению таких рабочих органов на бороздково-дождевальном агрегате послужило большое усилие, необходимое для переключения рабочего органа с дождевания на полив по бороздам (3-6 кг при напоре 10-20 м вод.ст.). Этот недостаток устранен в последней конструкции рабочего органа (рис. 4), примененного для проведения комбинированных поливов бороздково-дождевальным агрегатом в 1969 г.

Этот рабочий орган состоит из корпуса (I), в прорези которого при помощи оси (5), шплинта (2) и шайбы (3) установлена заслонка (4). Корпус верхней частью соединяется со штуцером трубы нижнего пояса фермы. К нижней части подсоединяется поливной шланг. Основные детали рабочего органа - корпус и заслонка - изготовлены горячим прессованием из полимерных материалов. При поливе по бороздам заслонки при помощи последовательно соединяющих их тяг выводятся из прорезей корпусов и вода поступает в поливные шланги. Для проведения поливов дождеванием в прорези корпусов рабочих органов вводятся заслонки, вода из водовыпускных отверстий

корпусов подается на направляющие вырезы заслонок, образующих совместно с корпусами щелевые насадки, и разбрызгивается в виде дождя.

Отличительной особенностью рассматриваемых рабочих органов является силовое замыкание заслонок в прорезях корпусов при поливе дождеванием, что устраняет необходимость точной регулировки механизма переключения рабочих органов и различие расходов при проведении поливов дожде-

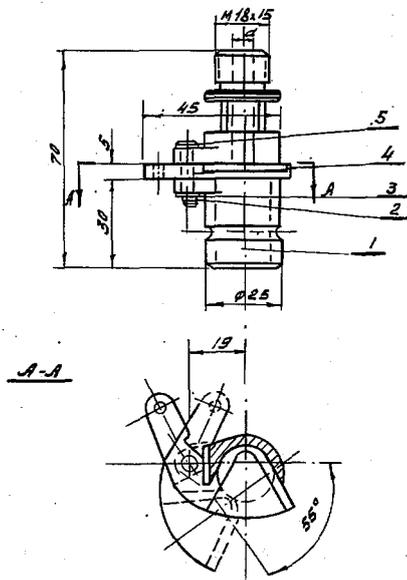


Рис. 4. Комбинированный поливной орган к борозdkовo-дождевальному агрегату (1969 г.)

ванием и по бороздам. Сечение выходного отверстия рабочего органа при дождевании, создаваемое заслонкой и корпусом, меньше сечения водовыпускного отверстия корпуса. Это обеспечивает увеличение расхода при поливе по бороздам и снижение напора воды, поступающей в поливной шланг. Кроме того, это дает более полную загрузку двигателя агрегата, т.к. полив по бороздам производится позиционно и вся мощность двигателя передается только насосу агрегата, что позволяет ему работать в области максимального расхода характеристики при снижении напора. Дождевание же производится при движении агрегата с позиции на позицию. При этом на насос агрегата подается мощность двигателя за вычетом мощности, используемой на передвижение агрегата. Это позволяет насосу работать в области максимального напора при снижении расхода.

Бороздково-дождевальнй агрегат, оборудованный описанными выше рабочими органами, использовался на поливе сахарной свеклы в Джамбулском свеклосовхозе Джамбулской области в 1969 г. При эксплуатации агрегата выявлены преимущества бороздково-дождевального полива по сравнению с обычным бороздковым, применяемым в этом хозяйстве. С площади 20 га, обслуживаемой агрегатом, был получен средний урожай сахарной свеклы 417 ц/га, а с остальной площади совхоза - в среднем только по 258 ц/га.

Внедрение борозdkово-дождевальных агрегатов тормозит недостаточная эксплуатационная надежность рабочих органов, частое их засорение и необходимость очистки в процессе работы. Устранить это предполагается путем оснащения агрегата гидроциклонной установкой с подключением ее во всасывающую линию агрегата.

УДК 631.34:631.548

Ж.Сандыбаев

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ДОЖДЕВАТЕЛЬ
КОНСТРУКЦИИ КАЗНИИВХ

Прерывистое (импульсное) дождевание впервые в СССР было осуществлено Институтом физиологии растений АН СССР на поливе чайных плантаций.

Для внедрения импульсного дождевания в практику орошения сельскохозяйственных культур необходимо было создать конструкцию автоматического импульсного дождевателя. Сотрудниками кафедры гидравлики Московского гидромелиоративного института разработан автоматический импульсный дождевательный аппарат "АИДА", который применялся на поливе сельскохозяйственных культур.

КазНИИВХ предложена оригинальная конструкция малогабаритного импульсного дождевателя, приспособленного для работы преимущественно с подземными выдвижными гидрантами^х (рис.1).

^х Авторское свидетельство № 205423 Государственного Комитета по делам изобретений и открытий СССР.

Подвижный цилиндрический ствол (2) гидранта (1), на котором стационарно установлен малогабаритный импульсный дождеватель (3), в межполивной период располагается ниже па-

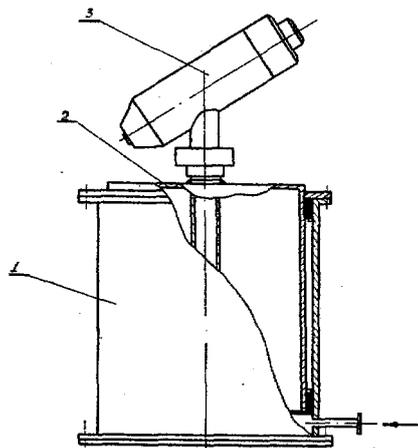


Рис. 1. Подземный выдвижной гидрант с импульсным дождевальным аппаратом

хотного горизонта, а при поливе выдвигается из почвы. При этом цилиндрический ствол служит водо-воздушным напорным котлом для аппарата.

Дождеватель (рис.2) состоит из следующих основных узлов и деталей: корпус, запорное устройство, вододействующий затвор, храповый механизм вращения и пневмогидроаккумулятор.

Корпус (21) выполнен сварным и предназначен для размещения в нем запорного устройства с вододействующим затво-

ром и для соединения полости водо-воздушного напорного котла с исполнительными органами дождевателя через его поворотную часть. При налаженном производстве корпус может быть изготовлен из чугунного или дюралюминиевого литья.

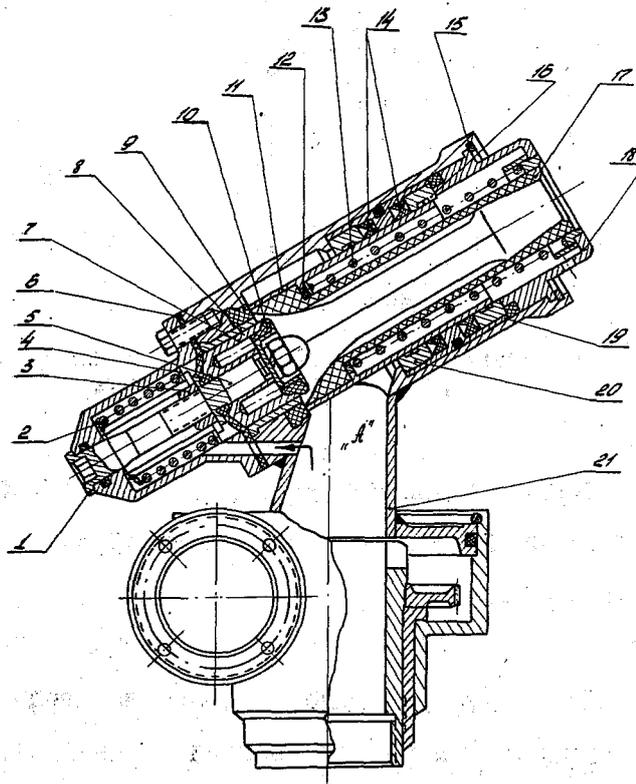


Рис. 2. Импульсный дождеватель

Запорное устройство выполнено телескопическим с наружной и внутренней фасками и состоит из дождевального ствола (17), запрессованного на цилиндрический поршень (11). Этот узел служит для автоматического включения дождевателя в работу и выключения его по окончании процесса дождевания под давлением воды, с одной стороны, и действием пружины - с другой. Кольца (20) и (16), изготовленные из бронзы, предназначены для направления движения телескопического запорного механизма. Герметичность полости давления "А" запорного механизма достигается манжетными уплотнениями (14). Крепление колец (20) и манжет, собранных в специальной вставке (19), достигнуто упорной втулкой (18) при помощи стопорного кольца (15). Цилиндрический поршень выполнен из хромированной стали и несет на себе опорную шайбу (12) с возвратной пружиной (13). Дождевальный ствол с струевыпрямителем и манжетные уплотнения (14) выполнены литыми из полиэтилена.

Настройка дождевателя и резкое срабатывание его запорного механизма достигается при помощи вододействующего затвора, который крепится к корпусу болтами. Усилие и начало воздействия затвора на запорный механизм, в зависимости от давления воды, регулируется изменением силы сжатия пружины (2).

Затвор представляет собой поршень (7), который выполнен из хромированной стали и крепится к мембране (6) посредством переходника (5). Для смягчения удара телескопического запорного устройства о торец затвор несет на себе торцевое уплотнение (10). Движение затвора направляется бронзовой втулкой (8), запрессованной в корпус и удерживающей резиновую манжету (9). Изменение силы сжатия пружины производится регулировочным болтом (1) с помощью подвижной крестовины (3), которая может свободно перемещаться в сквозных направляющих пазах переходника (5). Переходник воспринимает усилие пружины через опорную шайбу (4). Мембрана (6) выполнена из резины на капроновой основе и служит для привода затвора.

Для равномерного вращения по кругу вокруг вертикальной оси во время паузы дождеватель снабжен поворотным устройством, состоящим из храпового механизма с мембранным гидромотором. В целях защиты деталей храпового механизма от воздействия почвы устройство выполнено закрытым. Конструкция устройства позволяет при необходимости регулировать число оборотов дождевателя.

Импульсный дождеватель работает при наличии пневмогидроаккумулятора, представляющего собой напорный водо-воздушный котел с центральной водоподающей трубой, и служит для

аккумуляции жидкости, которая поступает малым расходом до объема выплеска, и сжатия воздуха, находящегося в межтрубной полости.

Принцип действия дождевателя следующий. Вода под давлением напоробразующего узла поступает в напорный котел (или в подвижный ствол гидранта) и по водоподающей трубе в полость запорного устройства "А", а затем по специальному каналу - в камеру давления вододействующего затвора. При достижении рабочего давления вода, воздействуя сначала на затвор (в результате чего он переместится до упора о торец ствола) и на наружную фаску цилиндра (II), а затем на всю площадь запорного устройства, резко раскрывает и выбрасывается в виде дождя.

При движении ствола затвор стопорится, а затем под действием пружины возвращается в исходное положение. По окончании дождевания давление в плоти гидранта падает, и запорный механизм под действием возвратной пружины также занимает нормальное положение. В момент прекращения дождевания автоматически срабатывает храповый механизм вращения поворотного устройства дождевателя, в результате чего корпус его поворачивается на заданный угол вокруг вертикальной оси. Далее описанный процесс повторяется, пока не завершится весь полив возделываемой культуры.

Техническая характеристика дождевателя

Максимальный радиус действия, м	30
Объем напорного котла, л	30
Привод:	
запорного устройства -	гидравлический
механизма вращения -	храповый
Верхний предел рабочего давления, кг/см ²	6
Нижний предел рабочего давления, кг/см ²	2,5
Диаметр отверстия сопла, мм	18
Подводимый расход, л/сек	1,2
Количество зубьев храпового колеса	160
Сектор поворота дождевателя за один цикл	
работы, град	2,25
Габариты импульсного дождевателя, мм	200x160x270
Вес импульсного дождевателя, кг	12

В результате проведенных лабораторных и полевых испытаний и технических расчетов определены ирригационные возможности дождевателя.

Величина подводимого расхода к дождевателю колеблется в пределах 0,5-2 л/сек. При расходе 2 л/сек средняя интенсивность аппарата составляет 0,03 мм/мин. Если объем напорного водо-воздушного котла равен 40 л, подводимый расход 1,35 л/сек и давление 6 кг/см², продолжительность на-

копления воды составляет 8 сек, а время вытеснения аппарата - 1,6 сек. При этом расход сосредоточенного вытеснения 8,2 л/сек.

Продолжительность работы аппарата для внесения поливных норм 400; 600 и 800 м³/га с учетом потерь воды в воздухе, равных примерно 12-17% от водоподдачи, составляет 30; 45; 60 часов и определяется из выражения

$$T = \frac{m}{n \cdot Q} \text{ час,}$$

где T - время работы аппарата для внесения поливной нормы, час;

m - поливная норма, м³/га;

Q - часовой расход аппарата, м³/час;

n - количество аппаратов на 1 га.

Затраты мощности для полива 1 га земли составляют 1-4 л.с./га в зависимости от величины подводимого расхода (0,5-2,0 л/сек) и вычисляются по формуле

$$\frac{N}{F} = \frac{Q \cdot H \cdot 10^4}{75 \cdot n \cdot R^2} \text{ л.с./га,}$$

где N - мощность, затрачиваемая на единицу орошаемой поверхности, л.с.;

F - площадь орошаемого участка, м²;

Q - подводимый расход воды, л/сек;

H - напор, м.вод.ст.;

R - радиус действия аппарата, м.

Обработка каплеграммы искусственного дождя аппарата показала, что капли диаметром от 1 до 2 мм составляют 65% общего их количества, от 2 до 3 мм - 20%, от 3 до 4 мм - 10%, от 4 до 5 мм - 4% и большие - 1%.

После лабораторных испытаний опытного образца малогабаритного импульсного дождевального аппарата было изготовлено пятнадцать дождевателей для полевых испытаний на стационарной оросительной системе с подземными выдвижными гидрантами на Алма-Атинском опорном пункте КазНИИВХ. Двухлетний опыт эксплуатации подтвердил работоспособность малогабаритных дождевальных аппаратов. В результате полевых исследований на поливе получены прибавка урожайности сахарной свеклы на 25-30% и сахаристости на 1-2%. При работе аппаратов в освежительном режиме удалось повысить влажность приземного слоя воздуха в жаркие часы дня с 20-30% до 40-50%.

УДК 551.57:626.81:551.524

Н.В.Данильченко, В.Ф.Кандрачук

ПРИБОР ДЛЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И
АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИСПАРЕНИЯ С ВОДНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ

В современных условиях развития науки и техники все возрастающую роль в повышении эффективности научно-исследовательских работ играет оснащенность приборами, аппаратурой, лабораторным оборудованием. Недостаток точных измерительных приборов существенно сказывается и на темпах опытных работ, особенно в сельском хозяйстве. Как отмечал А.Ф.Иоффе, "в сельском хозяйстве физические методы исследования и контроля практически отсутствуют, а если встречаются, то это - физика прошлого столетия". Не случайно поэтому в последние годы оснащению сельского хозяйства новейшими приборами уделяется большое внимание.

Экспериментальные исследования, проведенные на протяжении ряда лет отделом оазисного орошения КазНИИВХ в пустыне Муункум с неблагоприятными для растениеводства почвенно-климатическими условиями, показали, что основой получения

высоких урожаев здесь является режим орошения, и в первую очередь - бесперебойность снабжения растений водой. В связи с этим вопросы объективного нормирования орошения приобретают первостепенное значение. Расход воды с орошаемого поля на испарение и транспирацию может быть оценен величиной испаряемости, являющийся одновременно комплексным показателем термического состояния приземного слоя воздуха.

Регистрацию испаряемости наиболее точно можно осуществить приборами с автоматической записью. В этом случае появится возможность оценить изменение влагопоглощающей способности атмосферы за интервалы различной продолжительности и избежать затрат времени на обработку данных наблюдений.

Приборы, применяемые для определения испарения

Наиболее распространенные приборы для определения испарения представляют собой различной конструкции водные и почвенные испарители. В качестве эталонного прибора для измерения испарения принят большой гидравлический испаритель с площадью испарения 5 м^2 и высотой 2 м. Гидростатический принцип взвешивания обеспечивает высокую точность измерения веса испарителя.

Испарители площадью 500 см^2 и высотой 60; 80 и 100 см (ГГИ-500-100, ГГИ-500-50) обеспечивают хорошую точность из-

мерений и рекомендованы в качестве основных сетевых приборов для станций гидрометслужбы. Из малогабаритных испарителей можно отметить испарители А.А.Солопко, А.Р.Константинова [2] , Вильда и самопишущий почвенный испаритель В.И.Виткевича.

Однако все эти приборы не обеспечивают графической регистрации испарения и измеряют недостаточно точно (около 0,1 мм слоя испарившейся воды).

Расход воды из испарителя можно измерить с помощью поплавка со стержнем, помещенным в испаритель. Если закрепить на конце стержня стрелку с пером, то можно записывать изменения уровня воды на бумажной ленте. Основной задачей при такой системе регистрации испарения является приведение в соответствие точности и масштаба измерений (записи). Кроме того, расположение поплавка в испарителе приводит к некоторому искажению измерений, а запись ведется в полярных координатах, что не совсем удобно при последующей обработке.

Для непрерывного измерения суммарного испарения в Ленинградском Агрофизическом научно-исследовательском институте разработан теплобалансограф [3] , работа которого основана на регистрации и обработке составляющих радиационного баланса. Влияние радиационного режима учитывается отношением тепла, затраченного на испарение, к расходу энергии на

турбулентный перенос тепла и водяного пара, выражаемого уравнением

$$R = \frac{\Delta \ell}{\Delta \ell + 0,64 \Delta t}$$

где Δt и $\Delta \ell$ - градиенты температуры и влажности воздуха в приземном слое воздуха.

Электронно-вычислительное устройство смонтировано в потенциометр ЭП-0,9. Пределы измерений интенсивности испарения (конденсации) составляют 0,03-1,2 мм/час, а радиационного баланса, турбулентного потока тепла и потока тепла в почву - 0,03-1,2 кал/см².мин. Погрешность измерений суточных норм составляющих теплового баланса 3%.

Способы определения испарения

Как отмечает С.И.Харченко [5], в настоящее время для экспериментального определения суммарного испарения применяются методы водного баланса сельскохозяйственного поля и водного баланса монолитов (лизиметров и испарителей), методы измерения оттока водяного пара в атмосферу (методы турбулентной диффузии и ярусного обмена), метод теплового баланса.

Наиболее обоснованными для условий орошаемого земледелия считаются методы теплового и водного балансов, причем

метод водного баланса рекомендуется для массовых измерений суммарного испарения с орошаемых полей, а метод теплового баланса рекомендуется как контрольный. Наряду с методами непосредственных измерений широкое применение имеют и косвенные методы, позволяющие определить суммарное испарение по регистрируемым гидрометеорологическим данным.

В "Материалах междуведомственного совещания по проблеме изучения испарения с поверхности суши" [4] отмечено, что задачей дальнейших научных работ по проблеме изучения испарения является развитие теоретических, экспериментальных и экспедиционных исследований в этой области. Среди ряда вопросов, направленных на решение проблемы, на первое место был поставлен вопрос "усовершенствования существующих и разработки новых методов измерения и расчета испарения".

Таким образом, разработка новых приборов и способов для регистрации испарения и испаряемости попрежнему остается актуальной задачей.

Назначение прибора испарографа

Основной задачей создания малогабаритных переносных приборов для непрерывной автоматической регистрации испаряемости является изучение процесса испаряемости и проведение микроклиматических наблюдений.

Под испаряемостью обычно понимается максимально возможное испарение в данных природно-климатических условиях с подстилающей поверхности, влагозапасы которой неограничены. Испаряемость является комплексной характеристикой влагопоглощающей способности атмосферы и зависит главным образом от температуры и влажности воздуха.

Имея непрерывный график испаряемости, записанный прибором, можно рассчитать фактическое испарение за час, сутки, неделю, можно судить о влагопоглощающей способности атмосферы, проследить ход испарения в зависимости от изменения метеорологических элементов и, наконец, можно изучить микроклимат, в частности в условиях оазисного орошения в пустыне.

Конструкция прибора

Прибор (рис. I) для регистрации испаряемости, разработанный авторами [I], состоит из датчика-испарителя, устройства для графической регистрации испарившейся воды, следящего приспособления, пишущего механизма, лентопротяжного устройства.

Прибор поддерживает постоянный уровень воды в испарителе, что сводит к минимуму погрешности, связанные с влиянием высоты стенок испарителя. Устройство стабилизации уровня воды и устройство для восполнения количества испарившейся

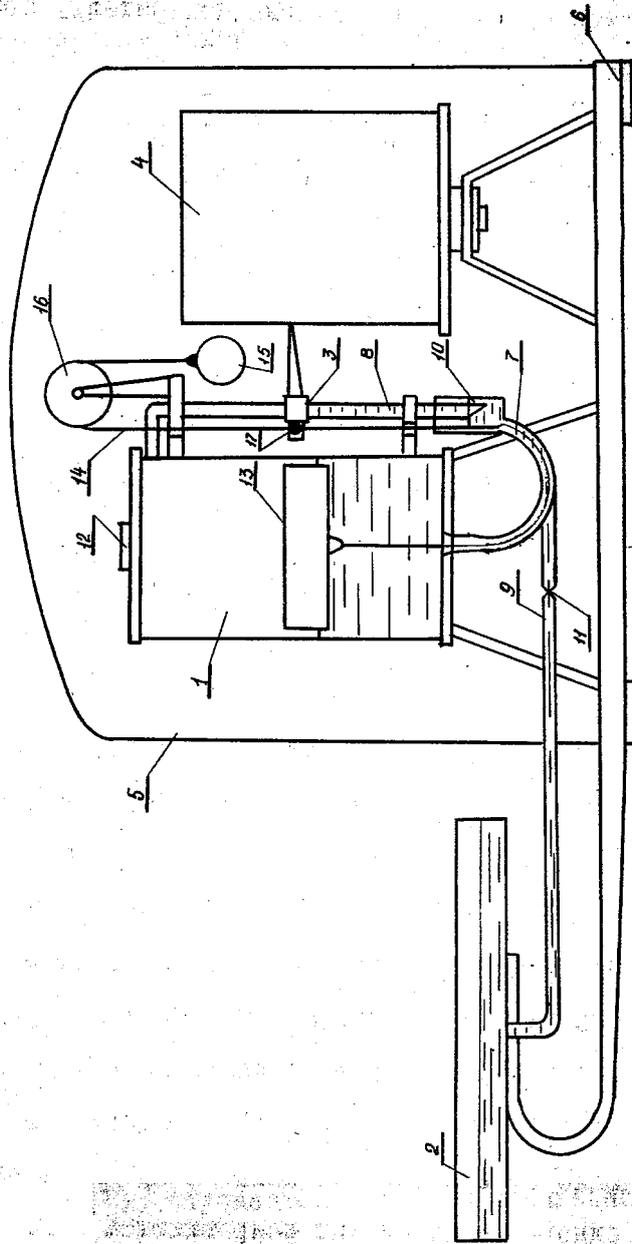


Рис. 1. Испарограф. Принципиальная схема

воды располагаются отдельно от датчика испарителя. Прибор увеличивает масштаб записи. В качестве лентопротяжного устройства применяются стандартные механизмы. Прибор состоит из подпитывающего цилиндрического сосуда (I), соединенного с датчиком-испарителем (2) посредством соединительной трубки (9), имеющей калиброванное отверстие (II), диаметр которого в три раза меньше внутреннего диаметра соединительных трубок. Подпитывающий цилиндр выполняется герметичным и имеет сверху отверстие для залива воды (I2), закрываемое герметичной крышкой. Автомат горизонта воды выполнен в виде полукольца (7), имеющего три отвода, один из которых соединен с отверстием в дне подпитывающего цилиндра, второй связан с соединительной трубкой, а третий, имеющий большой диаметр, соединен с нижним концом трубки уровня (8). Конец трубки уровня (IO) срезан на конус. Следящее устройство предназначено для контроля за уровнем воды в подпитывающем цилиндре и состоит из поплавка (I3), плавающего на поверхности воды в цилиндре (I), соединительной капроновой нити (I4), направляющего ролика (I6), груза-противовеса (I5). На специальных кронштейнах, размещенных в верхней и нижней частях цилиндра, вертикально закреплена трубка уровня и параллельно ей проходит капроновая соединительная нить через направляющие отверстия, сделанные в кронштейнах. Трубка уровня одновременно служит направляющей осью для пи-

шущей головки (3), которая, с одной стороны, жестко соединена с соединительной нитью винтом (17), а с другой, имеет стрелку с пером на конце, которое скользит по ленте, закрепленной на барабане лентопротяжного механизма (4). Все элементы прибора кроме датчика-испарителя с целью предохранения от воздействия атмосферных явлений закрываются корпусом (5) и размещены на общей площадке (6).

Прибор работает следующим образом. Первоначально уровень воды в испарителе и открытом колене (7) одинаковы, конец трубки уровня (10) находится в воде. Поскольку подпитывающий цилиндр является герметичным, то вследствие равенства давлений в цилиндре и трубке уровня вода из подпитывающего цилиндра не вытекает. Вследствие испарения уровень воды в испарителе понижается, соответственно понижается уровень воды в колене (10) и в некоторый момент открывается конец трубки уровня, в которую попадает воздух. Из подпитывающего цилиндра начинает вытекать вода. Поскольку диаметр сужения мал, вытекающая вода резко поднимает уровень в колене (7) и закрывает конец трубки (10). Поступление воды из цилиндра прекращается, а в испарителе постепенно устанавливается прежний уровень воды. Чем больше испарение, тем чаще автомат подает порции воды и тем быстрее понижается уровень в подпитывающем цилиндре. Поплавок, находящийся в цилиндре (1), опускается вместе с понижением уровня воды,

что передается на пишущую головку, перо которой и вычерчивает кривую испарения.

При подготовке прибора к работе отвинчивают крышку (I2), при этом поплавков конусом перекрывает водовыпускное отверстие, после чего в отверстие (I2) заливают воду. Вода заливается также в испаритель до необходимого уровня, определяемого установкой нижнего конца трубки уровня. Затем завинчивают крышку и, поднимая грузик (I5), устанавливают поплавок в положение, соответствующее уровню воды в подпитывающем сосуде. Перо заправляют чернилами и устанавливают на ленту самописца.

Прибор имеет следующие отличительные особенности:

испаритель установлен отдельно от остальных элементов прибора, что позволяет ему находиться на расстоянии от регистрирующей части;

уровень воды в испарителе поддерживается с точностью не ниже 0,01 мм слоя испарившейся воды, что достигается описанной ранее конструкцией автомата поддержания уровня;

поплавок следящего устройства размещен непосредственно в подпитывающем сосуде;

трубка уровня, поддерживающая горизонт воды в испарителе, может при регулировании перемещаться по высоте и одновременно служит направляющей осью для пишущей головки;

поскольку автомат уровня работает импульсами, то с целью сглаживания пульсаций на графике испарения, уменьшения порции воды в импульсе и повышения точности поддержания уровня воды испаритель соединен с подпитывающей камерой через трубку с сужением, диаметр которого в 3-4 раза меньше диаметров остальных трубок;

в качестве лентопротяжного механизма используется часовой лентопротяжный механизм барабанного типа, устанавливаемый в термографах и гигрографах с суточным или недельным заводом пружины;

коэффициент масштаба, или коэффициент усиления прибора, можно определить по зависимости

$$K_m = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

где d_1 - диаметр испарителя;

d_2 - диаметр подпитывающего цилиндра.

Чем больше K_m , тем разборчивее запись на графике испаряемости;

запись на графике осуществляется в прямоугольных координатах.

Графическая запись испаряемости

На рис. 2 приведены суточные кривые испаряемости, полученные с помощью испарографа. Испаритель был защищен от

воздействия прямых солнечных лучей. Погода была пасмурная, облачная, без осадков. Количество испарившейся воды из испарителя можно определить следующим образом:

$$M = V\rho$$

где M - масса испарившейся воды;

V - объем;

ρ - плотность.

Масса воды в 1 г имеет объем в 1 см³. Объем испарившейся воды можно выразить как $V = Sh$, где S - площадь испаряющей поверхности, h - слой испарившейся воды. Величину испарения принято измерять в миллиметрах слоя воды. Поскольку уровень воды в испарителе поддерживается постоянным, с высокой точностью, о расходе воды на испарение судят по уменьшению уровня воды в подпитывающей камере или по перемещению пера самописца на ленте лентопротяжного механизма. На графике испаряемости по оси ординат откладывается испаряемость E в миллиметрах слоя испарившейся воды. По оси абсцисс откладывается время в часах. Часовой механизм вращается равномерно. Перемещение же пера зависит от хода испарения. Чем больше испарение, тем круче идет кривая; чем меньше испарение, тем меньше наклон кривой испарения. Величину перемещения пера можно определить по формуле

$$d = h \cdot K_m,$$

где h - слой испарившейся воды,

K_m - масштабный коэффициент.

Учитывая, что $K_m = \frac{d_1^2}{d_2^2}$, запишем $d = h \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2}$

Для графиков, приведенных на рис. 2, масштабный коэффициент равен $K_m = 25$. Если испарение равно 1 мм, то перо переместится по вертикали на 25 мм. Из рис. 2 следует, что испаряемость имеет наибольшее значение в дневное время, достигая максимума в послеобеденные часы, и наименьшее - в ночное время.

Испытание прибора

Лабораторные и полевые испытания были проведены с двумя вариантами испарографа, отличающихся размерами испарителей и подпитывающих сосудов.

Результаты испытаний прибора оказались весьма обнадеживающими. Графики испаряемости, полученные в лабораторных условиях 23-25 мая, дали суточные значения испаряемости, равные 1,6 мм. В полевых условиях 5-8 июля 1968 г. на опытном поле Мункумской экспедиции были получены графики испаряемости в естественных условиях. Суточные значения испаряемости (15 мм) были несколько выше испаряемости, рассчитанной по формуле Иванова для тех же условий. По-видимому, небольшие размеры датчика-испарителя несколько исказили природное распределение составляющих радиационного баланса,

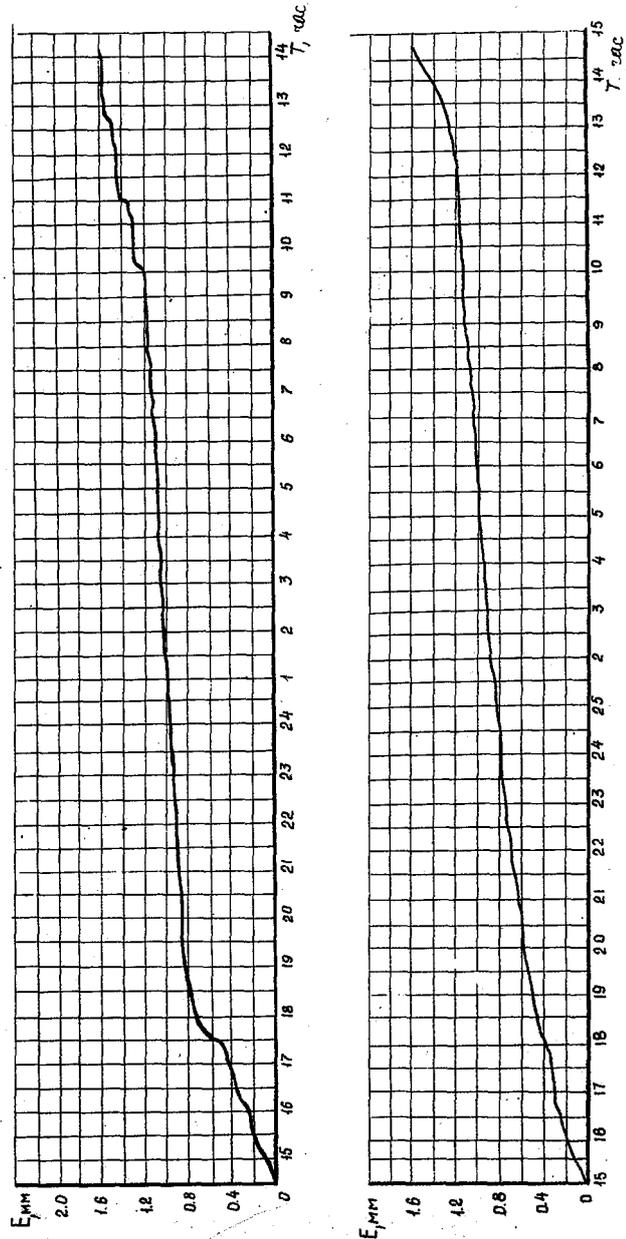


Рис. 2. Интегральные кривые испаряемости

что в дальнейшем должно учитываться конкретным редуционным коэффициентом.

Значения суточной испаряемости в условиях пустыни Мухункум, полученные с помощью испарографа, сравнивались с данными, полученными в тех же условиях и в то же время с помощью водных испарителей, установленных на метеоплощадке Ленинградской гидрогеологической экспедиции. Совпадение результатов оказалось вполне удовлетворительным.

Разработанный в КазНИИВХ испарограф может применяться для автоматической регистрации испаряемости в естественных условиях и изучения относительной влагопоглощающей способности атмосферы. Прибору присущи высокая точность, хорошее качество записи, простота конструкции, отсутствие источников питания. Он имеет небольшие габариты и вес. Эти качества выгодно отличают его от других приборов для определения испаряемости. Прибор можно применять для регистрации испаряемости над водной поверхностью и в условиях суши. Область применения прибора может быть значительно расширена, если в качестве испарителя применять стандартные водные испарители, устанавливаемые на водно-испарительных и метеорологических станциях. Прибор может применяться также для регистрации испарения с поверхности других жидкостей, например, керосина, бензина, эфира.

Л и т е р а т у р а

1. Данильченко Н.В., Кандрачук В.Ф. Прибор для регистрации испарения с водной поверхности. Авторское свидетельство № 235372 от 18/ХП 1967 г.

2. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л., Гидрометеоиздат, 1963.

3. Информационные материалы по гидрометеорологическим приборам и методам наблюдений. Сборник 30. Л., Гидрометеоиздат, 1967.

4. Материалы междуведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы. Валдай, 1964.

5. Харченко С.И. Основы метода расчета водного баланса и недостатка водопотребления сельскохозяйственных полей. Труды ГУИМС и ГГИ, вып. 146 "Вопросы мелиоративной гидрологии". Л., Гидрометеоиздат, 1967.

УДК 631.43

В.И.Николенко

О ТЕОРИИ НЕЙТРОННОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ
СЛОИСТЫХ ПОЧВО-ГРУНТОВ

Нейтронный метод измерения влажности почво-грунтов является по существу отраслью нейтронной физики в приложении к мелиорации. Этот метод заключается в изучении пространственного распределения нейтронного потока, создаваемого искусственно, путем внесения стационарного источника нейтронов в сложные по составу и структуре почво-грунты.

Тенденцией развития нейтронного метода в предшествующие годы можно назвать техническое совершенствование конструкций влагомеров. Это отразилось в публикациях по нейтронному методу, в большинстве из которых авторы ограничиваются качественным описанием экспериментальных исследований пространственного распределения потока тепловых нейтронов.

Задачами нейтронного метода являются, с одной стороны, теоретическое и экспериментальное изучение закономерностей, которые имеют место между строением и составом исследуемых

почво-грунтов и названным выше распределением нейтронов, с другой - использование этих закономерностей для прикладных мелиоративных целей. Исходя из решений задач, нейтронный метод должен строить методику изучения явления и методику истолкования результатов этого изучения.

В силу вышеуказанной тенденции развития нейтронного метода в настоящее время многие методические вопросы измерений влажности почво-грунтов носят эмпирический характер. Следует отметить, что центральной задачей научных знаний является вскрытие закономерностей. Но нельзя быть твердо уверенным, что найденная в результате эксперимента закономерность является доказанной, если она не подтверждена соответствующими математическими расчетами. Отсутствие надежных аналитических приемов расчета пространственного распределения потока тепловых нейтронов сдерживает разработку методики интерпретации результатов измерений, т.е. перевода их на мелиоративный язык.

В последние годы наметился переход от качественного к количественному описанию физических процессов нейтронного метода. Разработанная в настоящее время теория нейтронного метода измерения влажности почво-грунтов позволяет приблизительно рассчитывать поток тепловых нейтронов вокруг точечного источника, находящегося в однородной бесконечной среде. Математические соотношения, характеризующие закономерности распределения по-

тока тепловых нейтронов в пространстве и во времени, получают на основе физических представлений теории диффузии [I-4,6-9].

Однако однородная в отношении диффузионных свойств нейтронов среда, принимаемая при выводе уравнений на базе теории диффузии, является математической абстракцией, почти не имеющей места в натуральных условиях.

Многими исследованиями [I, 9, 10] экспериментально показано, что наблюдаемый нейтронный поток в почво-грунтах с неоднородной влажностью (например, по вертикали в средах слоистого сложения) не адекватен потоку нейтронов, наблюдаемому в однородной среде. Поэтому математические формулы, полученные для условий однородной среды, не могут быть использованы при расчетах пространственного распределения тепловых нейтронов в средах со слоистой влажностью. Применительно к условиям неоднородных (слоистых) сред теория нейтронного метода еще не получила достаточного развития.

Из физических предпосылок нейтронного метода измерений влажности почво-грунтов следует, что характер нейтронного потока в исследуемом объеме зависит от распределения в нем главного замедлителя быстрых нейтронов - водорода почвенной воды. Различие отдельных участков исследуемого объема почво-грунта по влажности обуславливает различие распределения нейтронного потока, поэтому изучение этого потока дает исходный материал для суждений о влажности почво-грунта.

Априори можно утверждать, что влияние неоднородной влажности на результаты наблюдений будет тем отчетливее, чем ближе к этой неоднородности расположен зонд нейтронного влагомера. Если влажность неоднородного участка намного отличается от влажности вмещающей среды, то при всех прочих равных условиях она вызовет большие нарушения нейтронного потока, чем неоднородный участок, влажность которого мало отличается от этого же параметра вмещающей среды.

Одной из основных задач теории нейтронного метода измерений влажности является разработка аналитических приемов количественной интерпретации результатов наблюдений в неоднородных средах. Установление закономерностей результатов измерений нейтронного потока в зависимости от неоднородной влажности является важнейшим вопросом теории и практики нейтронного метода. В области теории нейтронного метода необходимо располагать аналитическими способами определения характера влияний отдельных факторов неоднородности на показания нейтронных влагомеров. При этом следует отметить ограниченность возможностей моделирования физических процессов по выявлению роли факторов неоднородности, встречающихся в практике нейтронного метода. Отсюда - неизбежность ввода в условия задач разного рода упрощений.

В работе [II] наиболее полно описаны результаты, полученные в сельскохозяйственном отделе научно-исследователь-

ского института *RISO* (Дания) при исследовании аналитических расчетов распределения потока тепловых нейтронов вокруг точечного источника быстрых нейтронов в однородной бесконечной среде на примере нескольких теоретических моделей. Рассматриваются три самые распространенные теоретические модели:

двухгрупповая теория (теория возраста нейтронов по Ферми для быстрых нейтронов, диффузионная теория для тепловых нейтронов);

двухгрупповая диффузионная теория;

трехгрупповая диффузионная теория (двух быстрых и одной тепловой группы нейтронов).

Результаты расчетов потока нейтронов представлены на рис. I. Для сравнения на этом же рисунке приведен график потока нейтронов, полученный экспериментально.

Из рис. I видно, что кривая для трехгрупповой диффузионной теории наиболее близка к экспериментальной, особенно при небольшом расстоянии от источника. Самое большое несоответствие с экспериментальной кривой наблюдается в случае расчета возраста нейтронов по Ферми.

Для выявления количественной стороны влияния границ разделов слоистой среды на показания нейтронных влагомеров, во ВНИИГим при участии автора были выполнены специальные теоретические исследования на базе трехгрупповой диффузионной

теории. Физические допущения этой теории обеспечивают наиболее точное моделирование пространственного потока тепловых нейтронов вокруг точечного источника в легких однородных водородосодержащих средах.

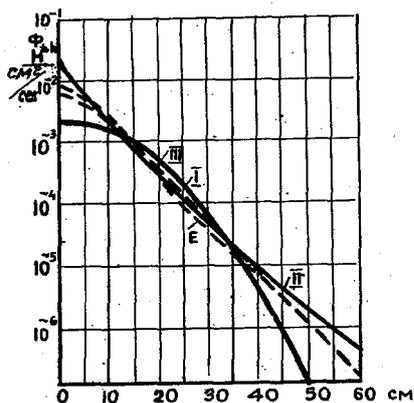


Рис. I. Распределение теплового потока нейтронов вокруг установки с источником $Ra(\alpha, n)-Be$ в воде:

кривая I - теория возраста нейтронов по Ферми; кривая II - двухгрупповая диффузионная теория; кривая III - трехгрупповая диффузионная теория; кривая E - экспериментальные результаты

Уравнения, полученные в результате теоретических проработок, отличаются простотой и аналитичностью и выражаются через табулированные функции, что упрощает производство численных, немеханизированных расчетов с приемлемой для практики точностью.

Рассмотрим наиболее простой случай неоднородной среды. Представим ее состоящей из двух сред, разделенных плоской границей раздела, перпендикулярно к которой перемещается реальный зонд. Нетрудно предвидеть, что реальный зонд может занимать четыре возможных положения при перемещении относительно границы раздела, как показано на рис. 2.

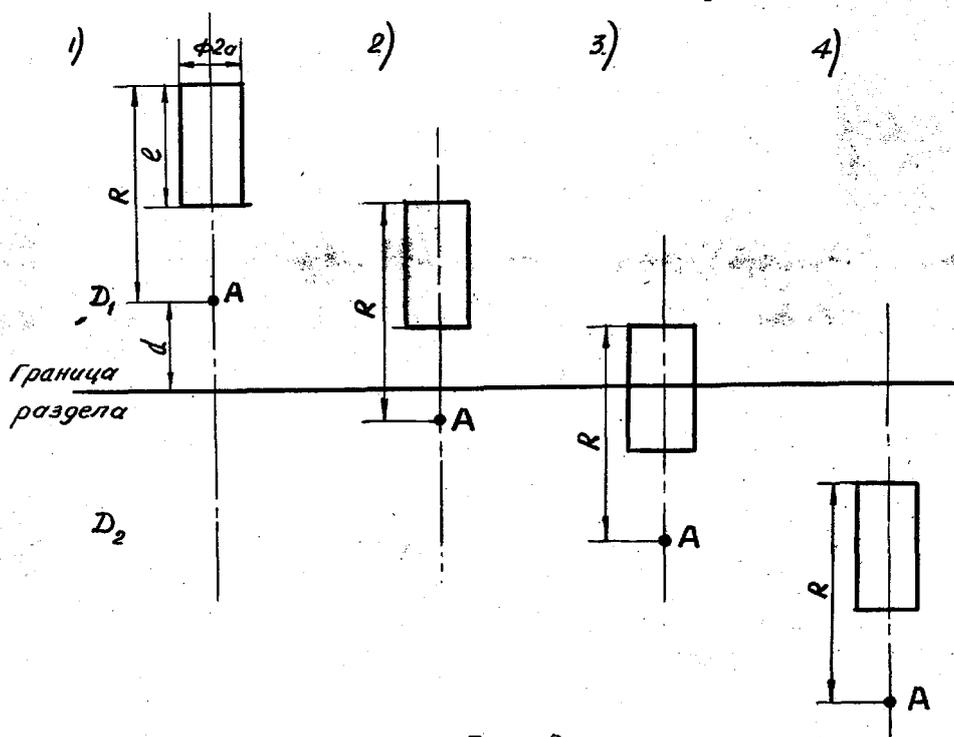


Рис. 2

• Пользуясь обозначениями, приведенными на рис. 2, и результатами работ [5, 10, 11], скорости счета в каждом положении зонда относительно границы раздела определяем выражением:

1-е положение

$$N = \frac{q_0 \cdot d}{2A_1} \cdot \frac{L^2}{L_1^2 - L_2^2} \left\{ \int_{R-L}^R \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_1} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_2} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) \right] dz + \right. \\ \left. + C \int_{R-L}^R \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_2/L_1} - e^{-z_2/L}}{z_2} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_2/L_2} - e^{-z_2/L}}{z_2} \right) \right] dz \right\}, \quad (1)$$

где q_0 - активность источника нейтронов;

z_1 - функция от d и z ;

z_2 - функция от d, d и z ;

$C = \frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2} ; D_1, D_2$ - коэффициенты диффузии сред;

L_1 и L, L_2 - длина диффузии и длины замедления нейтронов;

2-е положение

$$N = \frac{q_0 d}{2A_1} \cdot \frac{L^2}{L_1^2 - L_2^2} (1+C) \int_{R-L}^R \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_1} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_2} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) \right] dz$$

где z_1 - функция от d и z ;

3-е положение

$$N = \frac{q_0 \cdot d}{2A_1} (1+C) \left\{ \frac{1}{1-C} \int_{R-L}^{R-L+L_1} \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_1} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_2} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) \right] dz - \right. \\ \left. - \frac{C}{1-C} \int_{R-L}^{R-L+L_1} \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_2/L_1} - e^{-z_2/L}}{z_2} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_2/L_2} - e^{-z_2/L}}{z_2} \right) \right] dz + \right. \\ \left. \int_{R-L+L_1}^R \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_1} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_2} - e^{-z_1/L}}{z_1} \right) \right] dz \right\} \cdot \frac{L^2}{L_1^2 - L_2^2}, \quad (3)$$

где z_1 - функция от d и z ;
 z_2 - функция от d, d и z ;
 l_1 - длина части цилиндрического детектора, которая вместе с источником находится по одну сторону от границы раздела;

4-е положение

$$N = \frac{\varphi_0 \cdot d}{2 D_1} \cdot \frac{L^2}{L_1^2 + L_2^2} \cdot \frac{1+C}{1-C} \left\{ \int_{R-l}^R \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_1} e^{-z_1/L}}{z_1} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_1/L_2} e^{-z_1/L}}{z_1} \right) \right] dz - \right. \\ \left. - C \int_{R-l}^R \left[\frac{L_1^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_2/L_1} e^{-z_2/L}}{z_2} \right) - \frac{L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \left(\frac{e^{-z_2/L_2} e^{-z_2/L}}{z_2} \right) \right] dz \right\} \quad , \quad (4)$$

где z_1 - функция от d и z ;
 z_2 - функция от d, d и z .

Правые части формул (I-4) включают параметры нейтронных свойств исследуемой среды и конструктивные размеры реальных зондов. Практически формулы (I-4) могут быть использованы для численных расчетов при проектировании новых нейтронных влагомеров и разработке методики их применения.

Л и т е р а т у р а

Г. Барсуков О.А. и др. Радиоактивные методы исследования нефтяных и газовых скважин. Гостоптехиздат, 1958.

2. Булашевич Ю.П. К теории нейтронного каратажа. Изв. АН СССР, сер. геофизическая, т. I, № 3, 1951.
 3. Димаксян А.М., Добычин В.П. Труды ГГИ, вып. 130, 1965.
 4. Кантор С.А. Прикладная геофизика, вып. 13, Гостоптехиздат, 1955.
 5. Николенко В.И. Молодые ученые - мелиораторы и гидро-техники - сельскому хозяйству, вып. 3, М., 1966.
 6. *Bavel C.H.M., U.S. Dep. Agr., A.R.S. Washington, D.C., 1958.*
 7. *Belcher D.J., Cuykendall T.R., Sack H.S., civil Ser. Adm. Techn. Dev. Rep. 127.*
 8. *Holmes J.W., Jenkinson A.F., J. Agr. Engrg Research 4, 1959*
 9. *Lawless G.P., et al., soil science of America Proc., v. 27, N 5 1963.*
 10. *Mekenty J.R., Soil science, 8. 95 N 5 1963*
 11. *Olgaard R.L. Pisi Report, N 97, 1965.*
-

УДК 631.43

В.И.Николенко

ТЕХНИКА НЕЙТРОМЕТРИИ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВО-ГРУНТОВ

Практическая система технических приемов измерений влажности почво-грунтов нейтронным методом (скважинный вариант) включает в себя: определение скорости счета в контрольно-защитном устройстве; введение зонда в почво-грунт на заданную глубину; определение скорости счета в почво-грунте и нахождение по калибровочному графику зависимости скорости от влажности искомого показателя с учетом результатов определения скорости счета в контрольно-защитном устройстве.

Скорость счета медленных нейтронов обычно выражают в имп/мин, реже - в имп/сек. При калибровке влагомеров и измерениях ими можно оперировать как абсолютными скоростями счета. Но лучше и при калибровке, и при измерениях оперировать отношением скоростей счета в почво-грунте к скорости счета в контрольно-защитном устройстве, что и получило наибольшее распространение в практике полевой нейтронметрии

влажности. В этом случае особый учет распада излучателя, изменений эффективности радиометра, а также разрешающего времени его не требуется (для условий, когда разрешающее время радиометра не менее 200 мксек, а наивысшие уровни счета не превышают 15-20 тыс. имп/мин). Это возможно потому, что проявление всех факторов, уменьшающих или увеличивающих скорости счета, интегрально учитывается в контрольно-защитном устройстве и, следовательно, учитывается и величиной отношения. В литературе по нейтрометрии влажности почвогрунтов обычно рекомендуют при определении скорости счета регистрировать не менее 10000 импульсов, чтобы относительная статистическая ошибка (за счет флуктуаций радиоактивного распада излучателя) не превышала $\pm 1\%$. Но для регистрации 10000 импульсов в почво-грунтах с малой влажностью требуется значительно больше времени, чем в почво-грунтах с большой влажностью. Нетрудно доказать, обратившись к калибровочным зависимостям скоростей счета от влажности, что по мере уменьшения влажности почво-грунта можно допускать все большие и большие относительные статистические ошибки определений скоростей счета без ухудшения точности измерений влажности. Поэтому, если не стремиться к всемерному уменьшению погрешностей измерений влажности почво-грунтов, можно во всех случаях ограничиваться такой длительностью определения скорости счета в почво-грунтах, которая необхо-

дима для регистрации 100000 импульсов в почво-грунтах большой влажности. Практическая приемлемость этой рекомендации подтверждена результатами сравнительных измерений влажности почво-грунтов нейтронными влагомерами и термостатно-весовым способом, выполненными в МГУ, Гипроводхозе, КазНИИВХ, САНИИРИ, по методике В.А.Емельянова (ВНИИГим) [2,3] .

Для оперативности измерений контрольно-защитные устройства должны обеспечивать такие абсолютные скорости счета, которые были бы не меньше наивысших значений их при измерениях влажности.

Калибровочные зависимости, вычерченные по отношениям скоростей счета, приложимы только к данному контрольно-защитному устройству, к данным параметрам детектора, кабеля и регистратора импульсов, а также к тем абсолютным скоростям счета, которые соответствуют определенному значению влажности почво-грунтов.

В изготавливаемых отечественной промышленностью нейтронных влагомерах применяются долгоживущие излучатели, что обеспечивает при учете возможных изменений эффективности радиометра длительную неизменность полученных при калибровке абсолютных скоростей счета. Наименьшая полезная скорость счета обычно превышает скорость счета естественного излучения более чем в 10 раз, что позволяет пренебрегать

скоростью счета естественного излучения. Поэтому при работе с калибровочными зависимостями, вычерченными по отношениям скоростей счета, ошибки определений скоростей счета в почво-грунтах практически обуславливаются лишь флуктуациями частоты импульсов (за счет статической природы распада излучателей и изменений эффективности радиометра). Чтобы учитывать эти изменения, каждому измерению влажности должно предшествовать нахождение скорости счета в контрольно-защитном устройстве. В связи с тем, что такие устройства не являются средами бесконечного объема, при нахождении скоростей счета в них необходимо предотвращать регистрацию отраженных земель или окружающими предметами нейтронов (расстоянием 30-40 см). Определив перед измерениями влажности скорость счета в контрольно-защитном устройстве, ее сравнивают с той, которая указана для данного прибора заводом-изготовителем. Если контрольно-защитное устройство не повреждено, взаимное расположение излучателя и детектора в зонде, взаимное расположение зонда и контрольно-защитного устройства правильны, все каскады радиометра работают нормально, то расхождения между найденной скоростью счета и указанной заводом-изготовителем должны быть не более $\pm 2\%$ (если регистрировать не менее 10000 импульсов). В противном случае необходимо выявить причины изменения скорости счета и устранить их. Этими

причинами, по В.А.Емельянову, чаще всего являются: падение напряжения источника питания ниже допустимого; попадание грязи и влаги в штеккерный разъем между кабелем и входом регистратора импульсов, а также нарушение контактов в этом разъеме; конденсация влаги на штеккерном разъеме и деталях регистратора импульсов; неисправность деталей регистратора импульсов; нарушение контактов на счетчиках детектора и выход из строя одного из счетчиков детектора.

В полевых условиях не всегда удается устранить выявленные неисправности, а иногда даже выявить их. Но если расхождения между найденной скоростью счета и указанной заводом-изготовителем невелики, а расхождения между несколькими (3-5) последовательными определениями скоростей счета не более $\pm 2\%$ (это свидетельствует о стабильности работы радиометра), определять скорости счета в почво-грунте можно. Однако при этом следует определять скорости счета в контрольно-защитном устройстве до и после каждого определения ее в почво-грунте. Только будучи уверенным в стабильности работы радиометра, можно ограничиваться одним нахождением скорости счета в контрольно-защитном устройстве для серии определений ее в почво-грунте.

В литературе иногда встречаются описания некоторых экспериментов и исследований нейтронных влагомеров в на-

турных условиях, в процессе которых используются калибровочные зависимости, построенные по абсолютным скоростям счета. Но такой прием неоперативен и не предотвращает от ошибок в тех случаях, когда эффективность радиометра изменяется не от падения напряжения на детекторе, а из-за иных факторов.

Зонды нейтронных влагомеров вводят на заданные глубины по заранее пройденным скважинам, реже - статическим или динамическим вдавливанием. В системе технических приемов нейтронметрии влажности почво-грунтов наименее совершенными и наиболее трудоемкими операциями являются приемы введения зондов. До самого последнего времени основные усилия исследователей и разработчиков нейтронных влагомеров были направлены на усовершенствование зондов и регистраторов импульсов. Приемам же введения зондов серьезного внимания не уделялось, для введения их в объекты измерений, как правило, ограничивались существующей буровой техникой. Но эта техника разрабатывалась для проходки скважин вообще, т.е. для достижения заданных глубин, или для извлечения из скважин образцов почво-грунта естественного сложения. В обоих случаях почво-грунт, окаймляющий скважину, для каких-либо измерений обычно не использовался. В связи с этим конструкции буровых рабочих органов и способы проходки скважин, обеспечивающие наименьшую деформацию

и выдержанность диаметра их, не разрабатывались. Практически при измерении влажности почво-грунтов нейтронными влагомерами скважины должны отвечать следующим требованиям [3] : выдержанность диаметра (допуски не более нескольких миллиметров); гладкость стенок; наименьшая механическая деформация почво-грунта, окаймляющего скважину; наименьшие изменения естественной влажности почво-грунта в слое, окаймляющем скважину, и прямолинейность оси скважины.

Удачные конструкции ручных буров описаны А.А.Роде [4]. Скважину с малодеформированными гладкими стенками формирует бур В.Д.Бердышева [1]. Широко распространенный бур Гидрометслужбы оказывается крайне неудобной конструкцией.

Практика нейтронометрии влажности почво-грунтов показала, что для уменьшения погрешностей измерений по скважинам их необходимо армировать. Все исследователи и разработчики нейтронных влагомеров рекомендуют выполнять измерения по сухим скважинам. Если при бурении формируется скважина с устойчивыми стенками хорошего качества, армирование скважин необязательно.

Пенетрация, т.е. статическое, а также динамическое вдавливание зондов (в упроченных корпусах при помощи штанг) обеспечивает их плотный обжим почво-грунтом. Однако пенетрация, как и динамическое вдавливание, сопровожда-

ется неизбежными изменениями естественных свойств почво-грунтов в некотором концентрическом слое, окаймляющем зонд.

Л и т е р а т у р а

1. Бердышев В.Д. Бур для работы в водонасыщенных грунтах. "Почвоведение", № 9, 1959.
 2. Емельянов В.А. Гамма-лучи и нейтроны в полевых почвенно-мелиоративных исследованиях. М., Госатомиздат, 1962.
 3. Емельянов В.А. Теория и практика полевой радиометрии влажности и плотности почво-грунтов. Докторская диссертация, 1969.
 4. Роде А.А. Методы изучения водного режима почв. М., изд. АН СССР, 1960.
-

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Вышпольский Ф. Ф. Влияние про- мывных поливов на рассоление почво-грунтов и грун- товых вод в зоне Арысь-Туркестанского канала . . .	5
Вышпольский Ф. Ф., Баже- нов М. К. вопросу мелиоративного улучшения рисовых систем в условиях Казахстана	36
Ким Ф. Н., Лопатин В. Я., Мац А. Ф. Состояние эксплуатации и сельско- хозяйственного использования лиманов Урало-Кушума и мероприятия по повышению их продуктивности . . .	55
Атабаев Н. Х. Гидрогеолого-мелиора- тивная оценка водохозяйственных условий орошаемой территории северо-западного склона Кара-Тау /на примере Туркестанского массива орошения/	73
Лим М. П. Круглогодное использование стока незарегулированных источников для орошения	78
Креккер Н. Ю. Технология полива пропашных культур бороздково-дождевальным агрега- том	88

я
н
д

Стр.

О г р ы з к о в А . В . Проведение ран- них механизированных поливов сахарной свеклы в степной зоне юго-востока Казахской ССР	102
К р е к к е р Н . Ю . Поливные органы к агрегатам для комбинированного полива	110
С а н д ы б а е в Ж . Малогабаритный им- пульсный дождеватель конструкции КазНИИВХ	127
Д а н и л ь ч е н к о Н . В . , К а н д - р а ч у к В . Ф . Прибор для микроклиматических исследований и автоматической регистрации испа- рения с водной поверхности	136
Н и к о л е н к о В . И . О теории нейт- ронного метода измерения влажности слоистых почво-грунтов	152
Н и к о л е н к о В . И . Техника нейт- рометрии влажности почво-грунтов	162

и
и
и

Схема гидролого-мелиоративного районирования орошаемой территории северо-западного склона Кара-Тау и Туркестанского массива

Зона	Гидродинамическая характеристика		Гидрохимическая характеристика		Район распространения	Гидрогеологическая характеристика	Прогноз гидрогеологического процесса										Основные направления мелиоративных мероприятий
	по горизонтали	по вертикали	по горизонтали	по вертикали			при самостоятельном орошении	при орошении подземными водами	наступление характерных периодов режима грунтовых вод		амплитуда колебания уровня грунтовых вод, м	глубина залегания вод, м	допуск засоления, %	поверхностными водами	с дополнительными водами	частично перехватить подземный сток идущий со стороны Кара-Тау	
									максимум	минимум							
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
A	Формирование и транзит подземного потока	Преимущественно горизонтальный водообмен	Выщелачивание солей	Минерализация с глубиной не изменяется	Предгорная западная часть	Грунтовые воды в процессе почвообразования не принимают	Возможен подъем уровня грунтовых вод за счет фильтрационных потерь из канала	Уменьшаются фильтрационные потери, что способствует обилию грунтовых вод	Можно перехватить подземный сток, идущий со стороны Кара-Тау	Можно частично перехватить подземный сток идущий со стороны Кара-Тау	IV-XI	УП-УШ	0,30	10 и 5-10 м	5-10 м	Уменьшение потерь на инфильтрацию оросительных вод путем регулирования режима орошения	
B	Транзит и рассеивание грунтовых вод	То же	Частичная аккумуляция и перераспределение солей	Верхние горизонты грунтовых вод в локальных понижениях засолены	Лессовые равнины, примыкающие к предгорьям Кара-Тау	В руслах, оазисах, примыкающих к засоленным землям	За период вегетации происходит подъем уровня грунтовых вод, тельно связан с инфильтрацией оросительных вод и потерей из канала	Инфильтрационные потери из орошаемых площадей сохраняются, тельно до безопасной глубины	Можно значительно снизить уровень грунтовых вод до безопасной глубины	Происходит медленное понижение уровня грунтовых вод	III-IX	IV-УП	0,36	3,0-4,0 м	2,0-3,0 м	Понижение уровня грунтовых вод путем строительства вертикального, в понижениях - горизонтального, дренажа	
B	Стабилизация грунтовых вод	Смешанный характер. Требуется постановка исследований по выяснению процессов взаимосвязи грунтовых и напорных вод	Аккумуляция и перераспределение солей	Минерализация грунтовых вод с глубиной не изменяется	Долина р. Кара-Туркестан	Грунтовые воды принимают участие в процессах почвообразования. Отмечаются участки заболоченных земель	Происходит подъем уровня грунтовых вод за счет фильтрационных потерь из канала	Уменьшаются фильтрационные потери, что способствует стабилизации уровня грунтовых вод	Можно значительно уменьшить подземный приток со стороны Туркестанского канала	Частично уменьшится подземный приток	IV-XI	УП-УШ	0,31	10-20 м	5-10 м	Комбинированный горизонтальный и вертикальный дренаж	
Г	Застой грунтовых вод и векового стока	Преимущественно вертикальный водообмен (необходима постановка исследований по выяснению разгрузки напорных вод)	Континентальное засоление	Минерализация грунтовых вод с глубиной увеличивается	Район Чучка-Кульских понижений	Глубина залегания грунтовых вод неустойчивая. С орошением произойдет подъем грунтовых вод и засоление земель	Происходит интенсивный подъем уровня грунтовых вод	Сохраняется инфильтрационные потери из поверхностных орошаемых площадей	При постоянной и длительной эксплуатации подземными водами можно добиться положительного результата	Положительный эффект может быть получен за длительный срок	IV-XI	УП-УШ	0,30	4,0-5,0 м	2,0-3,0 м	Гашение напора, для чего вертикальный дренаж в песчаных частях конусов выноса и долинах дренажных протоков. На остальной площади - горизонтальный дренаж.	

Цена 80 коп.

Труды Казахского научно-исследовательского
института водного хозяйства, том. VI, вып. 4

УБ № III89 7/V-1971 г. Зак. 500 Тираж 500 экз.
Объем 10,75 печ.л. + вклейка Цена 80 коп.

Ротапринт ВНИИГМ
г. Дмитров, Московской обл., 2-я Левонабережная, 12