Х. А. АХМЕДОВ

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРОШЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ



Х. А. АХМЕДОВ

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРОШЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «УЗБЕКИСТАН»
ТАШКЕНТ — 1973

631.6
А 95

В данной книге изложено прошлое и настоящее сельскохозяйственного водопользования, показано влияние водообеспеченности и удельной протяженности коллекторно-дренажной сети на мелиоративное состояние орошаемых земель и урожайность хлопчатника, приведен приближенный солевой баланс по некоторым областям Узбекистана, рассматриваются проблемы использования водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи, вопросы режима орошения, техники полива сельскохозяйственных культур, новые способы промывки земель.

Книга рассчитана на работников службы эксплуатации ирригационных систем, работников сельского хозяйства. Книгой также могут пользоваться студенты гидромелиоративных и агрономических факультетов высших учебных заведений, слушатели гидромелиоративных и сельскохозяйственных техникумов.

0—4—3—5 042
А—М351 (06) 73 21—72

ПРЕДИСЛОВИЕ

За период с 1950 по 1970 г. произошло много изменений в водном хозяйстве среднеазиатских республик, особенно в вопросах водообеспеченности, мелиоративного состояния орошаемых земель, режима орошения сельскохозяйственных культур, техники полива, техники орошения, переустройства оросительных систем и организации территории. Появились новые средства борьбы с потерями оросительной воды (пластмассы, мономолекулярная пленка, гербициды и бентонитовая глина для облицовки каналов). Усовершенствовалась оросительная сеть (лотковая и закрытая оросительная сеть; облицовка каналов монолитным бетоном, железобетонными плитами на пластмассовом основании и др.) особенно во вновь строящихся совхозах Голодной степи, Сурхан-Шерабадской долины.

Претерпела изменения и агротехника возделывания хлопчатника (междурядье 70, 45, 50, 60 см и последнее 90 см). Эти изменения, естественно, не могли не повлиять на технику полива при самотечном орошении и на организацию территории. Некоторые достижения имеются и в области механизации, автоматизации полива, учета, распределения оросительной воды.

Майский (1966 г.) Пленум ЦК КПСС, посвященный развитию мелиорации земель, октябрьский (1968 г.) Пленум ЦК КПСС, посвященный развитию сельского хозяйства, и Директивы XXIV съезда КПСС открыли широкие горизонты для развития ирригации и мелиорации.

Отзывы о книге и пожелания, за которые автор будет признателен, просим направлять по адресу: Ташкент, Навои, 30, издательство «Узбекистан».

Автор

Глава I

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ. МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Основные задачи в области мелиорации и ирригации изложены в постановлениях XXII, XXIII, XXIV съездов Коммунистической партии Советского Союза. В нашей стране площадь мелиорированных земель к 1985 г. предполагается довести примерно до 48 млн. га, в том числе орошаемых — до 21 млн. га.

Рост орошаемых площадей и повышение производительности оросительных систем диктуют необходимость организации эксплуатации их на научной основе с учетом применения принципов научно-технического прогресса — кибернетики, вычислительной техники и автоматики.

В постановлениях всех пленумов ЦК КПСС о развитии сельского хозяйства красной нитью проходит вопрос повышения урожайности сельскохозяйственных культур, что является основой ускоренного развития сельского хозяйства вообще и производства зерна, хлопка в особенности.

В этом вопросе в районах орошаемого земледелия вода и земля играют решающую роль. Водообеспеченность и правильное водопользование наряду с высокой агротехникой являются основой повышения урожайности хлопчатника и других сельскохозяйственных культур.

Благодаря научной и производственной деятельности ученых и работников водохозяйственно-сельскохозяйственного производства водопользование в Узбекистане выделилось в самостоятельный крупный раздел мелиоративной науки.

Как известно, водопользование состоит из трех элементов: водозабор, водораспределение и водоиспользование.

Техника водозабора из рек в Узбекистане до победы колхозного строя мало чем отличалась от той, которая существовала тысячелетия назад. Вода из рек в магистральные каналы забиралась с помощью водозахватывающих сипайных сооружений с каменно-хворостяной кладкой, карабурами.

В Хорезме существовал многоголовый водозабор. В один и тот же магистральный канал вода из Амударьи забиралась в нескольких местах в зависимости от горизонта воды в реке в разное время года. При этом учитывались: структура берегового грунта, природа взвешенных наносов и уклон местности на трассе канала.

До 1934 г. 63% орошаемой площади Хорезма обеспечивалось водой при помощи чигирей. Переустройство ирригационных систем Хорезма, проведенное в 1938—1941 гг., сократило площадь чигирного орошения до 1,4%, оно было заменено самотечным (аячным) орошением.

Постановление Совета Министров СССР и ЦК КПСС от 17 августа 1950 г. «О переходе на новую систему орошения в целях более полного использования орошаемых земель и улучшения механизации сельскохозяйственных работ» вызвало большие изменения и улучшения хозяйственной ирригационной сети: укрупнение участков с одновременным проведением планировки их поверхности, сокращение точек водозабора, ликвидацию параллелизма внутрихозяйственных распределительных каналов. В хозяйствах сократились потери оросительной воды, повысился коэффициент земельного использования, более производительно стали пользоваться сельскохозяйственной техникой, сократились затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети, улучшилась техника полива и т. д.

На многих системах Узбекистана из-за низкой водообеспеченности (40—60%), с одной стороны, с другой, из-за плохого мелиоративного состояния (засоленности) орошаемых земель урожайность хлопчатника была очень низкой (1940 г.— 14,9 ц/га, 1945 г.— 10,9 ц/га).

Регулирование стока рек путем строительства водохранилищ (Каттакурганского, Куюмазарского, Кассансайского, Чимкурганского, Пачкамарского, Каркидонского, Кайраккумского, Нижне-Сурханского, Учкызылского, Тюя-Бугузского и др.) позволило поднять водообеспеченность орошаемых земель Узбекистана.

В стадии изысканий, проектирования и завершения строительства находится еще ряд водохранилищ.

В поднятии водообеспеченности орошаемых земель значительную роль сыграл также ряд построенных подпитывающих каналов: БФК им. Усмана Юсупова, ЮФК, СФК, СТК, Эски-Ангар, Сох-Шахимарданский, Аму-Каракульский, Аму-Бухарский, Большой Зарафшанский, Большой Андижанский и др.

Большую роль в осуществлении Директив партии и правительства о развитии ирригации и мелиорации сыграли руководящие кадры, ученые, работающие в учебных заведениях, научно-исследовательских институтах; инженерно-технические работники, экономисты, работающие в проектно-изыскательских институтах, строительных организациях и в органах эксплуатации Министерства мелиорации и водного хозяйства и Министерства сельского хозяйства Узбекской ССР.

Мелиорация засоленных земель в Узбекистане имеет большое научно-производственное значение.

В Узбекистане примерно половина орошаемых земель засолена в разной степени или подвержена засолению. Эти земли в основном расположены в Голодной степи, Центральной Фергане, в долинах Кашкадарьи, Сурхандарьи, в Бухарской, Хорезмской областях и в ККАССР. Засоленность земель причиняет огромный ущерб хлопководству Узбекистана.

За период с 1950 по 1970 г. была проделана огромная работа по мелиорации засоленных земель. Благодаря созданию сети крупнейших коллекторов (Дарьялыкского, Озерного в Хорезме, Сарысуйского, Северо-Багдадского, Сох-Исфаринского в Ферганской долине, Денгизкульского, Северного Каракульского коллекторов в Бухарской области и ряда крупных коллекторов в Голодной степи) около 16 млрд. м³ (40% от суммарного водозабора) минерализованных грунтовых и сбросных вод в республике ежегодно отводится за пределы орошаемой территории, что в значительной мере способствовало повышению урожайности хлопчатника по отдельным областям и в целом по республике.

При посевной площади хлопчатника в 1913 г. 429 тыс. га средняя урожайность его составляла 12,2 ц/га, а в 1970 г. средняя урожайность достигла 26,2 ц/га при посевной площади 1783 тыс. га. В республике валовой

урожай хлопка в 1970 г. составил 4 млн. 668 тыс., а в 1972 г.— 4 млн. 710 тыс. т. В этом колоссальную роль сыграла ирригация, развитая во всех областях Узбекистана до невиданных доселе размеров. Значительную часть успеха в устойчивом повышении урожайности хлопчатника можно отнести за счет улучшения мелиоративного состояния земель, отведенных под хлопчатник, и повышения их водообеспеченности.

Оптимальный режим орошения, являющийся одним из важнейших факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, находится в прямой зависимости от водообеспеченности орошаемых земель, питающихся из данной оросительной системы.

Генеральная линия в развитии ирригации Узбекистана на современном этапе — поднять производительность оросительных систем до такого уровня, при котором были бы созданы благоприятные условия для неуклонного повышения урожайности хлопчатника как на староорошаемых, так и вновь осваиваемых землях. В ближайшей перспективе производство хлопка-сырца должно быть доведено до 5 млн. т при соответствующем росте производства продукции других сельскохозяйственных культур. В республике имеется около 5 млн. га неиспользованных, пригодных для орошения земель, освоение которых позволит увеличить производство хлопка.

Производительность ирригационных систем неразрывно связана с повышением водообеспеченности орошаемых земель, которое достигается зарегулированием стока рек, строительством новых подпитывающих каналов и осуществлением комплекса антифильтрационных мероприятий и рассолением засоленных земель. Производительность ирригационной системы измеряется высоким КПД, высокой урожайностью сельскохозяйственных культур в хозяйствах, районах и областях, питающихся из данной ирригационной системы.

За последние годы протяженность коллекторно-дренажной сети, отводящей различные соли за пределы орошаемой территории, в республике значительно увеличилась и достигла более 50 тыс. км при удельной протяженности 19,2 м/га. Известно, что урожайность хлопчатника, кроме погодно-климатических факторов, зависит от комплекса агротехнических факторов. Однако при прочих равных условиях на урожайность хлоп-

чатника сильно влияют и водообеспеченность, и удельная протяженность коллекторно-дренажной сети (табл. 1), особенно по Хорезмской, Сурхандарьинской, Бухарской, Кашкадарьинской областям и ККАССР. По этим областям (и в целом по республике) из года в год росла удельная протяженность коллекторно-дренажной сети (КДС) и вместе с ней росла и урожайность. На рост урожайности хлопчатника по Бухарской и Кашкадарьинской областям одновременно влияли два фактора: 1) повышение водообеспеченности соответственно за счет Аму-Бухарского канала и Чимкурганского, Пачкамарского водохранилищ и подпитывающего канала Эски-Ангар из реки Зарафшан; 2) рост удельной протяженности коллекторно-дренажной сети (КДС).

Судя по данным табл. 1, Ташкентская и Сырдарьинская области также не выходят из рамки этой закономерности. Снижение урожайности по Ташкентской области на 3,4 ц/га в 1968 г. по сравнению с 1967 г. объясняется пересевами в поздние сроки. В Сырдарьинской области удельная протяженность КДС должна была быть больше, чем в Хорезме, однако она в 1968 г. составила лишь 15,8 *м/га*, снижение урожайности в 1968 г. по сравнению с 1967 г. на 5 ц/га объясняется низкой урожайностью во вновь организованных целинных совхозах в новой зоне орошения Голодной степи.

Урожайность хлопчатника в областях, расположенных в Ферганской долине (Ферганская область — 25,1 ц/га, Андижанская — 26,8, Наманганская — 26,9 ц/га), считается «застывшей» из-за вилта, начиная с 1966 г., несмотря на высокую удельную протяженность КДС (около 27 м/га в среднем).

Из табл. 2 видно, что ни одна область Узбекистана не имеет такого минусового солевого баланса, как Хорезмская область, уменьшившая вековые запасы солей, накопленных в недрах орошаемых земель, в 1966 г.— на 2590 тыс. т, в 1967 — на 4560 тыс. т, в 1968 — на 3445 тыс. т. Эти показатели, по нашему мнению, и являются главными факторами, позволившими Хорезмской области довести урожайность в эти годы до 35—37 ц/га. Такая высокая урожайность с площади 100 тыс. га (при удельной протяженности КДС 28,3 м/га) является рекордной не только в масштабе Советского Союза, но и зарубежных стран.

Таблица 1

Влияние водообеспеченности орошаемых земель и удельной протяженности коллекторно-дренажной сети (КДС) на урожайность хлопчатника по областям Узбекской ССР по годам

Область	Показатель	Годы						Примечание
		1964	1965	1966	1967	1968	1972	
Ташкентская	Водообеспеченность, %	103	84	97	87	95	—	
	Удельная протяженность, м/га	13,2	13,8	14,4	15,5	16,9	17,1	
	Урожайность, ц/га	23,1	24,1	24,5	26,4	23,0	27,1	
Сырдарьинская	Водообеспеченность, %	91	94	92	104	95	—	
	Удельная протяженность, м/га	13,3	14,1	16,0	15,8	15,8	29,0	
	Урожайность, ц/га	19,6	20,9	20,5	21,1	16,1	20,9	Новая зона
Ферганская	Водообеспеченность, %	89	72	89	85	91	—	
	Удельная протяженность, м/га	24,6	28,4	27,8	27,8	27,4	26,2	Вилт
	Урожайность, ц/га	23,6	24,5	25,6	25,3	25,1	31,8	
Андижанская	Водообеспеченность, %	97	77	90	92	89	—	
	Удельная протяженность, м/га	16,5	18,1	18,4	18,8	20	20,8	
	Урожайность, ц/га	27,4	27,0	28,0	25,6	26,8	28,5	Вилт
Наманганская	Водообеспеченность, %	—	—	—	—	101	—	
	Удельная протяженность, м/га						14,4	
	Урожайность, ц/га	—	—	—	28,4	26,9	28,9	Соль, пересев

Продолжение табл. 1

Область	Показатель	Годы						Примечание
		1964	1965	1966	1967	1968	1972	
Самаркандская	Водообеспеченность, %	106	76	83	69	94	—	
	Удельная протяженность, м/га	6,3	6,3	6,3	6,07	6,2	7,4	
	Урожайность, ц/га	19,6	22,5	24,5	23,2	22,8	25,4	
Бухарская	Водообеспеченность, %	113	79	97	77	93	—	Влияние КДС и Аму-Бухарского канала
	Удельная протяженность, м/га	9,6	9,6	10,8	11,8	12,4	14,2	
	Урожайность, ц/га	18,4	18,9	21,3	23,6	24,2	25,6	
Кашкадарьинская	Водообеспеченность, %	97	64	69	49	66	—	Влияние водохранилищ и канала Эски-Ангар
	Удельная протяженность, м/га	3,2	4,5	5,2	5,48	5,6	6,8	
	Урожайность, ц/га	21,7	21,2	23,5	22,8	27,5	23,0	
Сурхандарьинская	Водообеспеченность, %	140	117	132	114	121	—	Влияние КДС и водохранилищ
	Удельная протяженность, м/га	7,7	8,3	12,2	13,5	15,1	21,4	
	Урожайность, ц/га	24,8	28,1	28,2	30,1	31,1	27,1	
Хорезмская	Водообеспеченность, %	127	121	134	131	137	—	Влияние КДС
	Удельная протяженность, м/га	20,2	21,6	21,6	26	28,3	31,4	
	Урожайность, ц/га	28,5	34,9	35,0	35,4	37,0	38,5	
КК АССР	Водообеспеченность, %	115	120	127	134	148	—	
	Удельная протяженность, м/га	4,8	5,2	11,0	11,2	12,2	17,6	Влияние КДС
	Урожайность, ц/га	17,9	21,4	22,4	21,5	25,4	24,5	
По Узбекской ССР	Водообеспеченность, %	103	89	99	94	101	—	
	Удельная протяженность, м/га	12,7	13,8	15	15,6	15,7	19,2	
	Урожайность, ц/га	22,6	24,1	25,1	25,2	25,0	28,0	

Таблица 2

Солевой баланс (приближенный) по пяти областям Узбекской ССР, земли которых подвержены засолению, по данным управления мелиорации и водного хозяйства УзССР (1966 — 1971 гг.)

Область	Годы	Водозабор из рек, млн. м³	Минерализация оросительной воды, г/л		Сток сбросной дренажной воды, млн. м³	Минерализация дренажно-сбросной воды, г/л		Поступление солей с оросительной водой, тыс. т		Вынос солей с дренажно-сбросной водой, тыс. т		Уменьшение солей, тыс. т		Увеличение солей, тыс. т	
			плотный остаток	по хлору		плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору
Сырдарьинская (старая зона)	1966	3327	0,88	0,106	1066 (32%)	3,00	0,47	2928	353	3198	501	270	148	—	—
	1967	3265	1,05	0,13	1185,5(36%)	2,99	0,47	3428	424	3546	557	118	—	—	—
	1968	3710	0,97	0,15	1607 (43%)	2,97	0,43	3599	557	4773	691	1174	134		
	1971	2070	0,95	0,088	1223 (59%)	2,65	0,33	1966	182	3241	403	1275	221	—	—
Ферганская	1966	3398	0,38	0,022	1105 (32%)	2,4	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—
	1967	3448	1,1	0,08	2365 (68%)	2,1	0,14	3643**	271	4966	331	1323	60	—	—
	1968	3394	0,78	0,06	1922 (57%)	2,0	0,16	2647	204	3844	308	1197	104		
	1971	4188	0,53	0,025	2188 (52,4%)	1,79	0,18	2219	104,7	3920	394	2709	289	—	—
Андижанская	1966	6474	0,51	0,02	3727 (57%)	1,40	0,05	3302	129	5218	186	1916	57	—	—
	1967	6326	0,45	0,021	4173 (66%)	1,20	0,051	2847	133	5218	212	2371	79	—	—
	1968	3468	0,46	0,022	1590 (46%)	1,06	0,048	1595***	76	1685	76	90	—	—	—
	1971	4143	0,43	0,02	2274 (55%)	1,05	0,06	1781	83	2388	136	1007	53	—	—

Продолжение табл 2

Область	Годы	Водозабор из рек млн. м³	Минерализация оросительной воды, г/л		Сток сбросной дренажной воды, млн. м³	Минерализация дренажно-сбросной воды, г/л		Поступление солей с оросительной водой, тыс. т		Вынос солей с дренажно-сбросной водой, тыс. т		Уменьшение солей, тыс. т		Увеличение солей, тыс. т	
			плотный остаток	по хлору		плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору	плотный остаток	по хлору
Бухарская	1966	3403	0,49	0,11	265 (8%)	4,85	1,03	1668	374	1285	273	—	—	383	101
	1967	3210	0,69	0,064	487,7(15%)	4,57	0,51	2215	206	2229	249	14	43	—	—
	1968	3361 *	0,70	0,056	584 (17%)	4,81	0,518	2353	188	2809	303	456	115	—	—
	1971	3162	0,62	0,066	632 (40%)	4,75	0,58	1960	208,7	3002	366,6	1042	157	—	—
Хорезмская	1966	3493	0,80	—	1182 (35%)	4,55	—	2794	—	5378	—	2584	—	—	—
	1967	3325	0,54	0,18	1717 (52%)	3,4	1,0	1795	599	5838	1716	4043	1117	—	—
	1968	3653	0,72	0,18	1599 (44%)	3,81	1,04	2630	658	6092	1663	3462	1005	—	—
	1971	3929	0,82	0,22	1904 (49,5%)	3,5	0,9	3222	864,4	6664	1714	3442	849	—	—
Итого	1966	20 095	—	—	7345 (37%)	—	—	10 692	856	15 079	960	4770	205	383	101
	1967	19 574	—	—	9928 (50%)	—	—	13 928	1633	21 797	3065	7869	1220	—	—
	1968	17 586	—	—	7302 (41%)	—	—	12 824	1683	19 203	3041	6379	1358	—	—
	1971	393373	—	—	15542 (40%)	—	—	—	—	25603	—	6987	—	—	—

* Данные УМС Бухарского ОблУОС.
** Часть районов отошла в состав Наманганской области.
*** После выделения Наманганской области.

Бухарская область впервые в своей истории благодаря достижению удельной протяженности КДС в 1967 г. 11,8 *м/га* достигла минусового солевого баланса, уменьшив вековые запасы солей, накопленных в недрах орошаемых земель, в 1967 г.— на 274 тыс. т, а в 1968 — на 450 тыс. т при удельной протяженности КДС 12,4 *м/га*.

Андижанская и Ферганская области имеют высокий процент стока сбросной дренажной воды от водозабора из рек (см. табл. 2). Судя по количеству уменьшения солей в 1968 г. по Ферганской области на 605 тыс. т и по Андижанской лишь на 90 тыс. т, значительная часть стока сбросной дренажной воды является не дренажным стоком, а обыкновенной поверхностной водой, сброшенной с полей орошения в коллекторную сеть вследствие несовершенства техники полива при сквозных бороздах, частичного уменьшения поливов в ночное время.

Этот вывод в большей мере относится к Андижанской области, где минерализация отведенной с полей орошения воды составляет 1,06 г/л (1968 г.), что практически является пресной водой, как в Сырдарье (см. табл. 2).

Основными задачами орошения и улучшения водопользования в условиях Узбекской ССР являются:

1. Поднять производительность (КПД) действующих ирригационных систем путем уменьшения непроизводительных потерь антифильтрационными мероприятиями (облицовка каналов или замена их трубами, железобетонными сборными лотками в горных и предгорных районах. Площадь этих районов по Узбекистану составляет более 1 млн. га).

2. Орошение и освоение около 5 млн. га неиспользованных, пригодных для орошения земель, и доведение производства хлопка в ближайшей перспективе до 5 млн. т, помимо выполнения больших объемов водохозяйственного строительства на самих массивах, требуют строительства ряда регулирующих водохранилищ, мощных насосных станций, крупных гидротехнических узлов, магистральных каналов, устройства новых и реконструкции существующих трактов и крупных коллекторов.

3. Данные, приведенные в табл. 1 и 2, доказывают необходимость продолжения строительства КДС, улучшающей мелиоративное состояние орошаемых земель на площади более 1 млн. га. В мелиоративный комплекс

входят: повышение водообеспеченности 1340 тыс. га и реконструкции ирригационных систем на площади около 400 тыс. га, производство капитальной планировки на площади более 0,5 млн. га.

4. Фактическая удельная протяженность КДС по республике все еще мала (19,2 м/га). В Сырдарьинской, Бухарской, Андижанской и Ферганской областях вынос солей коллекторно-дренажной сетью не доходит до нормы. Если пять — семь лет назад ежегодные затраты на мелиоративные работы в республике не превышали 5% от общих капиталовложений в орошение, то в 1968 г. их удельный вес достиг 40%. Однако рост водообеспеченности, прирост новых земель, применение промывного режима орошения увеличивают приходную часть водного, следовательно, и солевого баланса орошаемой территории. Отсюда вытекает необходимость увеличения капиталовложений в мелиоративное строительство.

5. Закрытый горизонтальный дренаж механизированным способом (дрено-укладочными комбайнами) строится в Голодной степи. Однако, несмотря на явные преимущества закрытого горизонтального дренажа перед открытым (зауры), закрытый дренаж еще не получил широкого применения по всей республике.

Несмотря на то, что при помощи вертикального дренажа полностью можно управлять уровнем грунтовых вод и поддерживать заданный водный, солевой режимы в почве при относительно невысокой стоимости его, к началу 1969 г. в республике действовало 270 скважин вертикального дренажа на площади лишь 50 тыс. га, в то время как установлена возможность применения вертикального дренажа по гидрогеологическим условиям на площади 1,5 млн. га, из которых 600 тыс. га — в Голодной степи, 500 тыс. га — в Сурхан-Шерабадской долине, 200 тыс. га — в Бухарской области и 200 тыс. га — в Ферганской долине.

Претворение в жизнь вышеизложенных грандиозных ирригационно-мелиоративных мероприятий ставит перед мелиораторами, агрономами, учеными и работниками производства важнейшую задачу — усовершенствовать и широко внедрить наиболее прогрессивные способы орошения, мелиорации засоленных земель и поднять культуру орошаемого земледелия.

Для ускорения осуществления этих задач на должном уровне нужны высококвалифицированные кадры мелиораторов, гидротехников, агрономов, механиков гидромелиоративных работ, экономистов и землеустроителей.

ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В Узбекской ССР насчитывается около 50 более или менее крупных источников орошения, расположенных в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи. Некоторые из них имеют межреспубликанское и межобластное значение. Кроме крупных источников орошения (рек), в республике имеется около тысячи мелких, крупных родников и саев периодического действия.

Среднегодовые стоки основных рек: Амударьи — 63,0 млрд. м³, Сырдарьи — 34,4 млрд. м³, Чирчика — 7,2 млрд. м³, Зарафшана — 5,9 млрд. м³, Сурхандарьи — 2,4 млрд. м³, Ангрена — 0,7 млрд. м³, Кашкадарьи — 0,8 млрд. м³ [44].

Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод[1] на территории Узбекистана на первое января 1966 г. составляли 825 м³/сек. Из них для целей водоснабжения используется 21,5 м³/сек, на орошение и обводнение (без кяризов и Карасу) отбирается 16 м³/сек. Следовательно, количество используемых подземных вод от прогнозных запасов составляет 4,5%.

По ориентировочным подсчетам Гидропроекта, водопотребление в год в Узбекистане составляет 41,5 млрд. м³, из которых 39,7 млрд. м³ расходуется на орошение и водоснабжение, 940 млн. м³ — на нужды промышленности, 694 млн. м³ — на нужды городов и поселков, 12 млн. м³ — на рыбное хозяйство и 172 млн. м³ теряется на испарение с поверхности водохранилищ.

Река Сырдарья со всеми притоками в Узбекистане орошает около 1400 тыс. га. Река Амударья также со всеми притоками орошает в Узбекистане около 1220 тыс. га.

За годы Советской власти в Средней Азии построен ряд водохранилищ общим объемом 13 млрд. м³, из которых на водохранилища, подведомственные только Мини-

[1] *Д. М. Кац.* Гидрогеология. М., изд-во «Колос», 1969, стр. 241.

стерству водного хозяйства УзССР, приходится более 3,7 млрд. м³.

Кроме осуществления вышеизложенных мероприятий, в целях борьбы с фильтрацией более 1800 км каналов покрыты бетоном, в низовья Амударьи завезено большое количество плавучих насосных станций для забора воды из реки в периоды низких горизонтов. В маловодные годы усиленно используются стоки коллекторных и грунтовых вод Все это значительно повысило водообеспеченность оросительных систем. Между тем почти половина используемых земель в сельском хозяйстве все еще не имеет достаточной водообеспеченности. Эти земли в основном расположены на оросительных системах Зарафшанской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской долин, рек Карадарьи, Соха, Исфайрама, Ангрена, а также на горных источниках. В настоящее время водообеспеченность по системам Зарафшана и Кашкадарьи составляет 70—78%; по Карадарье она снижается до 30% (в отдельные периоды); по таким горным источникам, как Падшаатасай, Гавасай, Майлису, Ходжа-Ипак и другим, водообеспеченность в критический период падает до 30—40%.

По подсчетам Главного управления эксплуатации Министерства мелиорации и водного хозяйства УзССР, проведенным, исходя из среднемноголетней водоносности источников орошения, более 100 тыс. га земель водообеспечены до 50%, более 1100 тыс. га водообеспечены от 50 до 70%.

Количество воды, которое будут забирать оросительные системы из рек, в 1975 г. достигнет 52 млрд. м³ за счет строящихся водохранилищ, переустройства (улучшения) действующих оросительных систем и других мероприятий.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АМУДАРЬИ, СЫРДАРЬИ И ПЕРЕБРОСА СТОКА СИБИРСКИХ РЕК В СРЕДНЮЮ АЗИЮ

(По данным члена-корреспондента АН УзССР Р. А. Алимова)

Аральское море, существующее в основном за счет стока Амударьи и Сырдарьи, имеет площадь водного зеркала 64 тыс. км², среднюю глубину 20 м и полный объем воды в чаше около 1000 км³.

Ежегодное испарение с поверхности моря достигает 60 млрд. м³. Этот объем восстанавливается за счет сбросов Амударьи (39 млрд. м³) и Сырдарьи (13 млрд. м³) и частично других источников.

С развитием орошения в бассейне Амударьи (в долине Вахша, Кафирнигана, Сурхандарьи, по Каракумскому и Аму-Бухарскому каналам и в низовьях Амударьи), а также Сырдарьи годовой водозабор в течение 1961—1966 гг. увеличился на 13 млрд. м³, в том числе по Амударье — на 11 млрд. м³.

По данным станций гидрометслужбы, средний сток в Аральском море за 1961—1966 гг. сократился на 21,3 млрд. м³, что видно из следующих данных:

	Среднее за 1934—1960 гг., млрд. м³	Среднее за 1961—1966 гг., млрд. м³
Амударья — створ Чатлы	47,0	31,8
Сырдарья — створ Казалинск	15,2	9,1
Итого	62,2	40,9

Вследствие сокращения поступления воды в Аральское море с 1961 г. началось понижение его уровня. Уровень воды с отметки 53,4 м в 1960 г. снизился до отметки 51,6 на первое января 1967 г. За семь лет произошло снижение уровня на 1,8 м.

Понижение уровня моря с 1960 по 1966 г. сократило нерестовые площади в дельте Амударьи со 140 тыс. га до 54 тыс. га, что отрицательно сказалось на рыбном хозяйстве, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях дельты.

Строящиеся крупные водохозяйственные объекты (орошение, освоение Каршинской степи, Голодной степи, Центральной Ферганы, Сурхан-Шерабадской долины, в зонах Аму-Бухарского, Каракумского каналов и др.), охватывающие в совокупности около 2,5 млн. га новых земель, в том числе 1,8 млн. га в бассейне Амударьи, должны быть завершены в 1980 г. Такое развитие орошения и зарегулирование стока крупнейших рек Средней Азии в течение 30—40 лет может исчерпать

водные ресурсы, прекратить питание Аральского моря. Следовательно, с усыханием Аральского моря связано и изменение солевого, гидробиологического режимов его. В затруднительное положение будет поставлен водный транспорт, окончательно будет потеряно и промысловое значение рыбного хозяйства дельты.

При полном использовании водных ресурсов бассейна Амударьи можно оросить 1,7 млн. га неиспользуемых земель, а пригодных под орошаемое земледелие площадей в бассейне определено в количестве 10,7 млн. га. Следовательно, на орошение еще 9 млн. га не хватает воды. В этом заключается одна из основных причин необходимости переброски в Среднюю Азию стока сибирских рек — Оби и Енисея.

Чтобы представить себе размеры перебрасываемого стока из Сибири в Среднюю Азию, приведем следующие данные: средний годовой расход Амударьи — 2200 м³/сек, сумма годового стока Амударьи и Сырдарьи — около 100 млрд. м³. Сумма перебрасываемого стока из Сибири в бассейн Амударьи и Сырдарьи составляет также около 100 млрд. м³ при расходе около 3000 м³/сек. Протяженность новой искусственной реки составит около 3500 км.

Следует отметить, что воды сибирских рек реально могут быть поданы не ранее чем через 20—25 лет. В этот срок необходимо осуществить переустройство действующих ирригационных систем с учетом современных требований землеустройства — организации орошаемой территории, увязанной с уровнем комплексной механизации сельскохозяйственных работ.

Необходимость переустройства ирригационных систем, входящих в бассейн Амударьи, объясняется еще тем, что по материалам генеральной схемы использования водных ресурсов р. Амударьи средняя оросительная норма (брутто) сельскохозяйственных культур на уровне 1970 г. по Бухарской области принята 20 тыс. м³ на гектар, а по низовьям Амударьи — 24—26 тыс. м³. К 1980 г. эти величины соответственно снизятся до 13 и 16 тыс. м³ на гектар.

Ирригационно-энергетические потенциалы бассейна Аральского моря требуют тщательной разработки. Прежде всего требуется составление водохозяйственного баланса Амударьи и прогноз изменения его в связи

с ирригационным строительством. Из отдельных природно-экономических районов бассейна признано наиболее перспективным низовье Амударьи, где расположено более 2,5 млн. га неиспользуемых земель древнего орошения, которые сравнительно легко могут быть освоены водами сибирских рек при обеспечении соответствующим количеством трудовых ресурсов освоителей и создании для них благоприятных жилищно-бытовых и других условий. В отношении орошения, освоения неиспользуемых земель Советский Союз располагает богатейшим опытом и возможностями.

РАЗВИТИЕ ПЛАНОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Методика составления и проведения системных планов водопользования была разработана в 1926 г. в Опытно-исследовательском институте водного хозяйства (ОИИВХ) под руководством доктора технических наук, профессора Н. А. Янишевского.

Составление и проведение внутрирайонных планов водопользования начались с 1930 г. В эти годы подача воды в колхозы и совхозы осуществлялась по их заявкам, которые учитывались на пятидневных оперативных совещаниях по вододелению водхозовских и колхозных мирабов, участковых гидротехников, докладывающих о состоянии и размерах площадей под сельскохозяйственными культурами, требующими безотлагательного полива.

На водообеспеченных оросительных системах оперативные пятидневные совещания по вододелению проводились не всегда. Водхозовские работники (гидротехники и мирабы) распределяли воду по своему усмотрению (без расчета). Такая практика в водопользовании зачастую приводила к переполиву в одних колхозах, недополиву в других и отрицательно сказывалась на урожайности сельскохозяйственных культур.

В 1930—1935 гг. планы водопользования плохо проводились в жизнь, причинами служили:

1) наличие большого количества водозаборных точек и слабое оснащение колхозных отводов регулирующими водомерными сооружениями;

2) отсутствие надлежащего обслуживания регулирования и контроля водораспределения;

3) отсутствие увязки между поливами и сельскохозяйственными обработками и корректировки плана по ходу его проведения;

4) нарушение элементов оптимального режима орошения и связанной с ними техники полива.

Системные планы водопользования составлялись по магистральным каналам и распределителям первого порядка. Для того чтобы определить водопотребление (нетто и брутто) по каналам, площади под сельскохозяйственными культурами, подвешенные к этим каналам, разбивались на гидромодульные районы идентичных условий орошения земель.

Технические работники системных управлений строили графики гидромодуля. Умножая среднедекадные ординаты их на площадь, занятую под сельскохозяйственными культурами, получали декадные расходы воды нетто по гидромодульным районам. Деля суммы расходов нетто гидромодульных районов по каналу на его КПД, получали головные расходы (брутто) по декадам.

Коэффициенты полезного действия каналов определялись по теоретическим формулам Морица, позднее А. Н. Костякова.

Попытки некоторых авторов создать методику составления районных планов водопользования не увенчались успехом, они ограничивались лишь установлением лимитов по каналам внутрирайонного значения. Лимиты эти редко совпадали с фактическим водопотреблением.

Колхозные планы водопользования, как сказано выше, также начали составлять в первые же годы победы колхозного строя. В тех колхозах, где работники научно-исследовательских и учебных институтов проводили научно-производственные исследования, вода по плану доводилась до полеводческих бригад, по ним производились анализ использования воды и увязка полива с междурядной обработкой. В остальных колхозах составление и проведение плана водопользования ограничивались также установлением лимитов воды, отпускаемой в головах внутрихозяйственных распределителей.

Причинами отставания в развитии планового водопользования (в разной степени в разных областях и

районах) являются те же четыре фактора, которые приведены выше.

Колхозы сороковых годов территориально не намного превышали теперешние полеводческие бригады. С 1940 по 1960 г. колхозы укрупнили. Если в 1940 г. в Узбекистане было 7439 колхозов со средней площадью колхоза 381 га, то в 1960 г. колхозов было 951 со средней площадью колхоза 2015 га. Следовательно, число колхозов сократилось почти в восемь раз, а средняя площадь их увеличилась в 5,3 раза. В некоторых районах маломощные колхозы объединились в совхозы (совхоз им. Кирова в Среднечирчикском районе; совхоз «Беш-Арык» в Кировском районе и многие другие). В настоящее время в ККАССР число колхозов составляет 36 и совхозов — 41.

Расширение территории колхозов и совхозов вызвало переход некоторых каналов из категории межхозяйственной в категорию внутрихозяйственную. В связи с этим увеличился объем работ и повысилась ответственность за водопользование у органов эксплуатации Министерства сельского хозяйства. Увеличение точек водовыдела колхозам и совхозам осложнило составление и проведение плана водопользования по ним.

Как известно, укрупнение поливных участков с последующим проведением планировки их поверхности и переустройство внутрихозяйственной оросительной сети имеют прямое отношение к улучшению водопользования.

К 1955 г. работы по реконструкции и техническому усовершенствованию старых оросительных систем с учетом планировки поверхности поливных участков по СССР были осуществлены на площади более 3 млн. га. Число поливных участков на этой площади сократилось с 280 тыс. до 58 тыс., а средняя площадь поливного участка увеличилась до 28 га. Увеличение площади поливных участков обеспечило в последующем широкое и более эффективное применение сельскохозяйственных машин и резко повысило производительность труда в орошаемом земледелии, сократило суммарную протяженность внутрихозяйственной оросительной сети, затраты по эксплуатации и потери оросительной воды и др.

Однако за счет Ферганской, Бухарской и Хорезмской областей площади поливных участков до 1 га на хлопковых полях колхозов республики составили 37,5%, от

1 до 6 га — 36% [43]. А средняя площадь поливного участка (по всем культурам) по Узбекистану составляет около 4,3 га.

Эти данные указывают на необходимость продолжения работ по переустройству мелкой сети и поливных участков. Средняя площадь поливного участка по совхозам нового орошения значительно больше, в некоторых случаях в несколько раз перекрывает оптимальные размеры, что не оправдано в отношении планировки поверхности поливных участков и осуществления нормальной техники полива.

В сороковых годах единицей водопользования считалась территория колхоза, на которую вода в период вегетации подавалась непрерывно, а внутри колхоза осуществлялся водооборот между группами полеводческих бригад из-за незначительности их площадей (30—50 га).

В настоящее время единицей водопользования считается территория полеводческой бригады, имеющей площадь 120—200 га.

При переходе на широкорядные посевы (90 см) размер севооборотного массива может быть 400—600 га с доведением бригадного участка до размеров севооборотного массива.

Размер севооборотного поля зависит от схемы севооборота. За последние годы приняты следующие научно обоснованные схемы севооборотов:

1) на окультуренных, незасоленных землях с высоким потенциальным плодородием почв — десятипольные по схеме 3 : 7 (три поля люцерны и семь полей хлопчатника), где первое поле отводится под совмещенный посев люцерны с ячменем или кукурузой, второе и третье — под чистую люцерну;

2) на среднезасоленных, среднесмытых почвах — девятипольные по схеме 3 : 6. Чередование культур такое же, как в предыдущей схеме;

3) на сильнозасоленных, сильноэродированных землях — восьмипольные по схеме 3 : 5 с аналогичным чередованием культур.

Эти схемы севооборота являются основными. При сложившемся балансе поливных площадей могут применяться другие схемы, отвечающие уровню хлопководства каждого хозяйства: 2 : 8, 2 : 7, 3 : 9, 1 : 4, 1 : 4.

В последней схеме поле кукурузы или джугары чередуется с четырьмя полями хлопчатника [35].

В орошаемых районах велико мелиоративное значение люцерны. В многолетнем опыте СоюзНИХИ прибавка урожая хлопка в севообороте по сравнению с монокультурой составила 6—7 ц/га. При хорошем уходе люцерна способна за два-три года накапливать в слое почвы 0—40 см до 600—800 кг/га азота. Люцерна имеет большое мелиоративное значение на землях, подверженных засолению. Она уменьшает испарение влаги с поверхности почвы, препятствует выносу солей из нижних слоев почвы в верхние.

Под люцерновым полем уровень грунтовых вод обычно на 0,7—1,0 м стоит ниже, чем уровень грунтовых вод под соседними хлопковыми полями. Это объясняется тем, что люцерна в 1,2—1,5 раза больше потребляет воды, чем хлопчатник, и своей длинной корневой системой достает до грунтовых вод.

Освоение хлопково-люцерновых севооборотов в Узбекистане сдерживается главным образом из-за ограниченности поливных земель, пригодных по мелиоративным и другим условиям для возделывания хлопчатника. К 1975 г. площадь под люцерной предполагается довести до 500 тыс. га [35].

Поскольку площадь севооборотного поля зависит от схемы севооборота и колеблется в пределах 40—80 га, то на каждом поле может быть размещено несколько поливных участков в зависимости от рельефа местности.

Оптимальная площадь поливного участка при применении пропашного трактора Т-28Х3 при гоне 300—400 м (десятичасовая смена) и широком междурядье 90 см (без поперечной обработки) может быть определена по зависимости:

$$\omega_{п.у}^{опт} = \frac{27}{1 + \frac{5,4}{\omega_{сут}}}$$

или

$$\omega_{п.у}^{опт} = \frac{27}{1 + \frac{0,0625m}{Q_{у.р}}} \qquad (1),$$

где $\omega_{сут} = \frac{86 \cdot 4Q_{у.р}}{m}$ — суточная площадь полива, га;

$Q_{у.р}$ — расход участкового распределителя, лотка, трубы, поливальной машины, дождевального агрегата, л/сек;

m — поливная норма в период максимального водопотребления, м³/га.

При междурядье 50—60 см и перекрестной обработке хлопчатника площадь поливного участка может быть определена по зависимости:

$$\omega_{п.у}^{опт} = \frac{16{,}5}{1 + \frac{3{,}3}{\omega_{сут}}}$$

или

$$\omega_{п.у}^{опт} = \frac{16{,}5}{1 + \frac{0{,}039m}{Q_{у.р}}} \qquad [2]$$

Площадь поливного участка при расходе воды 200 л/сек и средней поливной норме 1000 м³/га на широкорядных посевах хлопчатника колеблется в пределах 20—25 га (1), а при междурядье 50—60 см и продольно-поперечной обработке — 10—15 га (2).

Изложенное позволяет судить о том, что существует органическая связь не только между техникой полива и режимом орошения, но и между техникой полива и организацией территории, что влияет на пропускную способность участковых и внутрихозяйственных каналов (лотков и труб).

Следует заметить, что суточная площадь полива зависит еще от техники орошения (самотечные поливы, дождевание, поливальные машины ПШН-165, ПАН-165, ППА-165, гибкие поливные трубопроводы, лотки, сифоны и др.). Комплексная механизация сельскохозяйственных работ, включая и механизацию полива, влияет на элементы организации территории (размеры севооборотного массива, полеводческих бригад, севооборотных полей и поливных участков).

Научно-исследовательскими институтами установлено, что рациональное соотношение длины и ширины поливного участка должно быть в пределах 2,5 ÷ 4,5. При другом соотношении увеличится процент гибели растений на поворотах пропашных тракторов и упадет их производительность. Следовательно, оптимальной

площадью поливного участка при переустройстве оросительной сети колхозов нужно считать 10—15 га, а в совхозах нового орошения, где междурядье 90 см,— 20—25 га. Эти площади подтверждаются формулами (1) и (2).

Необходимость дальнейшего укрупнения поливных участков, влекущих за собой и планировку их поверхности и переустройство внутрихозяйственной ирригационной сети в Узбекистане, видна из следующих данных А. Н. Ляпина [1] по состоянию на 1 января 1964 г.:

по колхозам — поливные участки до 3 га составляют 64%, от 3,1 до 10 га — 23,9%, от 10,1 до 15 га — 6,6%, свыше 15 га — 5,5%; средняя площадь поливного участка — 3,7 га;

по совхозам — до 3 га — 58,5%, от 3,1 до 10 га — 25,4%, от 10,1 до 15 га — 8,3% и свыше 15 га — 7,8%, средняя площадь поливного участка — 4,3 га.

Таким образом, по республике имеем следующие размеры поливных участков: до 3 га — 62,7%, от 3,1 до 10 га — 24,1%, от 10,1 до 15 га — 7,1%, свыше 15 га — 6,1%, средняя площадь поливного участка — 3,9 га.

На наш взгляд, если проблема мелиорации засоленных орошаемых земель стоит на первом месте, то проблема переустройства внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети по своей важности и необходимости осуществления в сельском хозяйстве Узбекистана занимает второе место.

---

[1] *А. Н. Ляпин.* Проблема использования земельно-водных ресурсов УзССР. Ташкент, изд-во «Фан», 1969, стр. 206.

Глава II

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОСНОВЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Режимом орошения называется совокупность числа, сроков и норм поливов, обеспечивающих в активном слое почвы для определенной культуры водный и питательный режимы при данных природных и агротехнических условиях.

Между элементами режима орошения существует органическая связь. Если увлажнять почвы (не с близким уровнем грунтовых вод, не с большими уклонами местности и не легкие по механическому составу) обыкновенные средние или тяжелые суглинки сверх оптимальной влажности расчетного слоя, то растянется межполивной период и сократится число поливов. Может иметь место и обратный случай.

Поливной нормой (m) называется количество воды, потребное для увлажнения один раз расчетного слоя почвы на площади 1 га под какой-либо сельскохозяйственной культурой или насаждением.

Расчетная глубина увлажнения почвы, отвечающая примерной оптимальной поливной норме при разных фазах развития сельскохозяйственных культур, может быть взята из табл. 3 (В. А. Шаумян, 1956).

Потребность в воде разных культур разная. Зерновые культуры меньше потребляют воды, чем хлопчатник, люцерна — больше хлопчатника, а рис — больше всех культур. Его оросительная норма с учетом водопроницаемости почвы иногда доходит до 100 тыс. м³/га. Потребность различных растений в воде в отдельные фазы их развития неодинакова. Хлопчатник больше всего нуждается в воде во время цветения, а злаки — во время кущения, оросительная норма хлопчатника по фазам развития распределяется так: до цветения — 15—

Таблица 3

Расчетная глубина увлажнения почвы

Сельскохозяйственная культура	Фаза развития культуры	Глубина увлажнения почвы (расчетный слой), см
Хлопчатник	До бутонизации	40—60
	Бутонизация	50—70
	Цветение	70—100
	Созревание	50—60
Люцерна	До кущения	40—50
	Кущение	50—60
	Бутонизация или трубкование	60—70 для первого года
		70—130 для последующих лет
	До цветения, после укоса	70—130
Корнеплоды		
Помидоры	Максимальное развитие	45—55
Картофель	Укоренение	20—30
Зерновые	До кущения	30—40
	Кущение	50—60
	Трубкование	60—85
Кукуруза		50—70
Сады и виноградники		75—85
Капуста, огурцы, лук	Укоренение	20—30
	Максимальное развитие	35—45
Сахарная свекла	Развитие листовой поверхности	40—50
	Образование корнеплода	60—70
Табак	Укоренение	20—30
	Развитие листовой поверхности	40—60

Примечание. При глубине залегания грунтовых вод 1—1,5 м почва должна увлажняться не более 0,4—0,5 м; при глубине залегания грунтовых вод 1,5—2 м почва не должна увлажняться более чем на 0,75 м.

20%, во время цветения — 60—70%, во время созревания — 15—20%.

Величину поливной нормы (m) определяют по формуле:

$$m = 100H(A - r_o) \qquad (3),$$

где

H — глубина увлажнения (расчетный слой) почвы м;

A — предельная полевая влагоемкость расчетного слоя почвы в процентах к объему почвы (табл. 4).

$r_o = br$,

где r — влажность от веса сухой почвы, %.

r_o — предполивная влажность в процентах к объему почвы;

b — объемный вес почвы (табл. 5).

Таблица 4

Полевая предельная влагоемкость в процентах от объема почвы

Тип почвы	Механический состав почвы	Полевая предельная влагоемкость в процентах от объема почвы для слоя:		
		0—25 см	0—50 см	0—75 см
Сероземы и луговые	Легкие	25,9—29,7	22,5—27,5	21—24
	Средние	29,5—37,2	28,2—34,0	27—30
	Тяжелые	30,6—40,0	29,7—40,0	35—40
Каштановые	Легкие	27,2—33,3	24,5—31,2	22—25
	Средние	33,3—39,1	30,3—37,9	29—34
	Тяжелые	35,0—40,6	34,3—40,3	32—37
Черноземы	Легкие	30,1—33,4	28,5—31,2	26—28
	Средние	35,5—40,4	32,5—39,5	30—36
	Тяжелые	39,0—49,6	37,5—44,8	35—42

Таблица 5

Объемный вес расчетного слоя почвы

Тип почвы	Расчетный слой почвы, см	Объемный вес почвы, т/м³
Сероземы и луговые	0—25	1,23—1,42
	25—50	1,46—1,54
	50—100	1,40—1,55
Каштановые	0—25	1,2—1,3
	25—50	1,4—1,5
	50—100	1,4—1,5
Черноземы	0—25	1,0—1,1
	25—50	1,1—1,4
	50—100	1,1—1,4

Пример 1. Определить поливную норму для хлопчатника при следующих данных: почва — средние суглинки; $H = 100$ см; $b = 1{,}2$ т/м³; $A = 36\%$ от объема почвы; $r = 20\%$.

Расчетные формулы: $m = 100H(A - r_o)$; $r_o = rb$

Решение: $m = 100 \times 100 (36 - 1{,}2 \times 20) = 1200$ м³/га.

Оросительной нормой (М) называется количество воды, потребное для орошения 1 га под какой-либо сельскохозяйственной культурой или насаждением за период вегетации.

Оросительная норма состоит из суммы поливных норм, или:

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots\ldots\ldots m_n \qquad (4)$$

при дождевании примерные поливные нормы колеблются:

для хлопчатника — 300—600 м³/га*
для люцерны — 250—600 м³/га,
для прочих культур — 250 — 450 м³/га.

Выбранный режим орошения должен:

1) соответствовать потребностям растения в воде в каждую фазу его развития с учетом требований агротехники;

2) регулировать (с достаточной точностью) водный, питательный, солевой и тепловой режимы;

3) способствовать повышению плодородия орошаемых земель, не допуская заболачивания, засоления и эрозии почвы.

Каждое хозяйство должно строго соблюдать выбранный режим орошения, подчинять ему организацию труда, работу соответствующих механизмов и тем самым создавать условия для выращивания высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

По данным табл. 6 видно, что поливные нормы при самотечном орошении колеблются в пределах 600—1300 м³/га. Существует ряд факторов, влияющих на величину поливных норм, следовательно, и на остальные параметры режима орошения:

1) механический состав и воднофизические свойства почвы;

2) климатические условия (суммарная температура воздуха, суммарное количество атмосферных осадков за вегетационный период; испаряемость влаги, повторяемость и скорость ветра);

3) род сельскохозяйственных культур и фазы их развития;

---

* По данным И. Г. Зверинского, при орошении дождеванием (ДОС=400) в совхозе № 1 в Голодной степи в 1969 г. поливная норма доведена до 1000 м³/га. При этом грунтовые воды находились на глубине 10 м.

Таблица 6

Примерные поливные нормы хлопчатника по фазам развития для различных почвенных разностей
(В. Е. Еременко, 1957)

Почвы	Сероземы и луговые почвы без запасных и промывных поливов (грунтовые воды залегают глубоко)			Сероземы и луговые почвы, где проведены запасные или же промывные поливы		
	до цветения	в цветение и плодообразование	в созревание	до цветения	в цветение и плодообразование	в созревание
Глинистые	1100—1300	900—1000	700—800	700—800	800—1000	600—700
Тяжелосуглинистые	1100—1200	900—1000	700—800	700—800	800—1000	600—700
Среднесуглинистые	1000—1100	800—1000	600—700	700	800—900	500—600
Легкосуглинистые	900—1000	800—900	600—700	700	800—900	500—600
Супесчаные	800—1000	700—800	500—600	600—700	700—800	500
Песчаные	800—900	700—800	500—600	—	—	—

4) способы и техника полива, техника орошения;

5) урожайность сельскохозяйственных культур и коэффициент водопотребления их;

6) гидрогеологические условия и солевой режим почвы.

Механический состав почвы определяется процентным содержанием в ней физической глины диаметром частиц меньше 0,01 мм.

Воднофизические свойства почвы зависят от механического состава и структурности почв. К основным воднофизическим свойствам почвы относятся: влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная сила (капиллярный подъем), испаряющая способность.

Таблица 7

Механический состав и воднофизические свойства почвы
(А. Н. Костяков, 1960)

Почва	Процент содержания частиц меньше, 0,01 мм	Поверхность почвенных частиц, м² в 1 г	Скважность почвы А, в % от объема	Максимальная гигроскопичность почвы, % от объема	Капиллярная скважность почвы, % от объема	Полевая предельная влагоемкость почвы, % от объема	Максимальная молекулярная влагоемкость, % от объема
Тяжелая глина	75	>2	65—55	16—12	35—30	55—45	40—30
Глинистая	75—45	2—1,3	55—50	12—8	30—27	45—35	30—18
Суглинистая	45—25	1,3—0,5	50—45	8—5	27—23	35—30	18—12
Супесчаная	25—10	0,5—0,2	45—40	5—3	23—18	30—20	12—8
Песчаная	10—2	<0,2	40—30	3—1	18—12	20—12	8—4

Примечание. Полевая предельная влагоемкость (ППВ) дана для слоя почвы от нуля до 50 см. При увеличении расчетного слоя почвы от 50 до 100 см ППВ уменьшается на 1—2% на каждые 10 см [19].

Из табл. 7 видно, что данные тяжелой глины значительно больше, чем остальных видов почвы, благодаря большому проценту содержания физической глины (75%). В нормальных условиях полив дается тогда, когда влажность почвы падает до максимальной молекулярной влагоемкости. Оптимальные запасы воды в почве должны быть в пределах 65—70% от полевой предельной влагоемкости (С. Н. Рыжов) или в пределах 50—65%—70% от скважности почвы (А. Н. Костяков).

Климатические условия являются важнейшим фактором, влияющим на режим орошения сельскохозяйственных культур.

Хлопковый пояс Средней Азии и Южного Казахстана разделен на три климатические зоны: северную, центральную и южную (табл. 8).

В отдельных пунктах среднеазиатской зоны суммарная температура и количество атмосферных осадков за год имеют следующие показатели:

	Сумма температур	Сумма среднегодовых осадков
Ташкент	4300°	353 мм (центральная зона)
Мирзачуль		243 мм » »
Бухара	5200°	135 мм (южная зона)
Ашхабад	4600°	232 мм (центральная зона)
Термез	5800°	113 мм (южная зона)
Ургенч	4560°	82 мм (центральная зона)

Каждая климатическая зона разделена на десять гидромодульных районов по идентичным условиям орошения сельскохозяйственных культур (В. М. Легостаев, Б. С. Коньков, 1950).

Гидромодуль — условная водоподача в литрах в секунду на 1 га любой сельскохозяйственной культуры при определенной поливной норме и продолжительности данного номера полива (m). Гидромодуль определяется по формуле:

$$q = \frac{m}{86{,}4t} \qquad (5).$$

Назначение гидромодуля в водопользовании ясно и просто: умножая гидромодуль на площадь, занятую под сельскохозяйственной культурой, закрепленную за данным каналом, определяют расход воды (нетто) на поле орошения за данный период. Если к суммарному расходу воды нетто по всем культурам прибавить потери воды в канале, по которому доставляется вода на поля орошения, то можно получить головной расход данного канала (брутто).

Способы и техника полива, техника орошения. При самотечном орошении существует четыре способа полива: полив затоплением, по полосам, джояками и по

Таблица 8

Параметры климатических зон хлопкового пояса Средней Азии

Климатическая зона	Среднегодовая температура воздуха	Продолжительность вегетационного периода, дни	Суммарная температура вегетационного периода	Испаряемость в го', мм	Температура в июле (средняя)
Северная	До 12,5°	До 200	3800—3900°	1500	25—26°
Центральная	12,5—13,5°	200—215	4000—4200°	1500—1600	26—28°
Южная	14,5° и более	230—240	4100—4200°	1750—2000	31,3—32,4°

Таблица 9

Коэффициенты водопотребления хлопчатника, м³/ц
(В. Е. Еременко, 1957)

Климатическая зона	Агротехнический фон	Урожайность, ц/га				
		до 20	20—30	30—40	40—50	50—60
Южная	Хлопковая	280—322	240—300	200—240	175—200	155—175
Центральная	Старопашка	243—280	209—261	174—209	152—174	135—152
Северная	Пласт и оборот пласта трав	206—238	179—222	148—178	129—148	115—129
Южная		258—296	221—276	184—221	161—184	143—161
Центральная		224—258	192—240	160—192	140—160	124—140
Северная		189—219	136—204	136—164	119—136	109—119

бороздам. Поливные нормы при этих способах полива разные.

Способы орошения бывают трех видов: самотечное орошение, орошение дождеванием и подпочвенное орошение. Поливные нормы и техника полива при этих способах орошения также разные. При дождевании и подпочвенном орошении воды на питание растений расходуется значительно меньше, чем при самотечном орошении.

УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И КОЭФФИЦИЕНТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ИХ

Коэффициентом водопотребления (К) называется затрата воды на выращивание 1 ц урожая данной культуры. Общее количество воды (М), потребное для сбора запланированного урожая (у), равно ($м^3$/ц):

$$M = ky \qquad (6).$$

Значения коэффициента водопотребления при различной урожайности хлопчатника приведены в табл. 9.

Расчетная формула для определения значений оросительной нормы ($M_{ор}$) имеет вид:

$$M_{ор} = M - M_{о} - M_{в.о} - M_{г} + M_{п}\ м^3/га \qquad (7),$$

где $M_{о}$ — запас воды в почве за счет осадков в осенне-зимний и ранневесенний периоды, $м^3/га$;

$M_{в.о}$ — запас воды в почве за счет осадков в вегетационный период, $м^3/га$;

$M_{г}$ — количество воды, используемое растениями за счет грунтовых вод, $м^3/га$;

$M_{п}$ — потери воды при поливе, $м^3/га$.

Примечание. Значение M определяют по принятой урожайности (y) и установленной затрате воды (k) на 1 ц урожая.

Значения $M_{о}$ и $M_{в.о}$ определяют по данным метеорологической станции из расчета — каждый миллиметр атмосферных осадков равен 10 $м^3$ влаги.

Осадки за вегетационный период, не превышающие 5—8 мм, не учитываются. Осадки берут для среднесухого года.

Значение $M_{г}$ приведено в табл. 10.

Значение $M_{п}$ определяют либо по опытным данным, либо берут приближенно 4—6%.

Таблица 10

Примерная величина используемых растением грунтовых вод ($M_г$) в зависимости от глубины их залегания, м³/га

(И. А. Шаров, 1968)

Почвы	Глубина грунтовых вод, м		
	1—1,5	1,5—2	2—2,5
Легкие супесчаные	800—1000	—	—
Легкие суглинистые	1000—1200	500—1000	—
Средние суглинистые	1200—1500	600—1200	—
Тяжелые суглинистые	1500—2000	1000—1500	500—1000
Глинистые	2000—3000	1500—2000	1000—1500

Возможные запасы активной влаги в зависимости от степени засоления почвы могут быть снижены примерно на 20% (С. В. Астапов).

Пример 2. Определить оросительную норму для хлопкового поля при следующих данных:

$y = 40$ ц/га; $k = 132$ м³/ц; $M_о = 15$ мм $= 150$ м³/га; $M_{в.о} = 10$ мм $= 100$ м³/га; $M_г = 500 м^3/га$; $M_п = 210$ м³/га;

Решение: 1) $M = ky = 132 \times 40 = 5280$ м³/га;

2) $M_{ор} = M - M_о - M_{в.о} - M_г + M_п = 5280 - 150 - 100 - 500 + 210 = 4740$ м³/га.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

На орошаемые земли соли поступают с оросительной водой. Кроме того, при подземном (вертикальном и горизонтальном) водообмене также происходит соленакопление в корнеобитаемом слое почвы.

Вторичное засоление орошаемых земель (старая зона орошения Голодной степи), как показала практика эксплуатации ирригационных систем, произошло из-за нарушения основных правил водопользования.

На хорошо проницаемых почвах считается допустимым содержание солей:

углекислого натрия (Na_2CO_3)$<0,1\%$;
хлористого натрия (NaCl) $<0,2\%$;
сернокислого натрия (Na_2SO_4)$<0,5\%$.

Если в оросительной воде содержится соли от 0,10 до 0,15% (1,0—1,5 г/л), то при поливе такой водой следует проявлять осторожность, так как при минерализации поливной воды 1 г/л в почву поступает 1000 кг солей на каждые 1000 м³ воды. Следовательно, если оросительная норма равна 5000 м³/га, то на каждый гектар с водой поступает 5 т солей ежегодно. Если содержание растворимых солей в воде достигает 0,15—0,3% (1,5—3 г/л), то прежде чем поливать, необходимо тщательно анализировать химический состав солей.

Специфичность водопользования аридной зоны в смысле вредного действия солей хлора на урожайность хлопчатника можно характеризовать результатами опытов, проведенных на Ферганской опытно-мелиоративной станции СоюзНИХИ.

При содержании в метровом слое почвы 0,006% хлора 25 июля хлопчатник, показавший цветы, составил 90% от суммарного количества растений на определенной площади; на участке с содержанием хлора 0,009%—37%, при содержании хлора 0,033% — не превышал 7%. При тех же процентах хлора в метровом слое почвы соответственно тем же процентам засоления 10 сентября наблюдалось раскрытие коробочек хлопчатника на 77, 39, 6%.

Борьба с засолением почвы осуществляется при помощи промывок на фоне дренажа. Однако борьба с сезонным соленакоплением практикуется в течение многих лет в передовых областях, районах и хозяйствах с помощью промывного режима орошения.

Промывной режим орошения практикуется обычно в тех хозяйствах, где земли засолены или подвержены засолению. Вегетационные поливы, проводимые грузными нормами, превышающими оптимальные их величины на 20—50%, в зависимости от степени засоления почвы получили название промывного режима орошения.

Обычно промывной режим орошения приносит пользу там, где обеспечен дренажный сток, имеются достаточные водные ресурсы.

Необоснованное (механическое) применение промывного режима орошения вместо пользы может приносить вред. Ярким примером успешного применения промывного режима орошения является Хорезмская область.

В 1953 г. удельная протяженность коллекторно-дре-

нажной сети в области составляла 6,9 м/га, минерализация грунтовых вод — 8—10 г/л, а урожайность хлопчатника — 19,3 ц/га. В 1967 г. благодаря увеличению удельной протяженности дренажа до 26 м/га минерализация грунтовых вод упала в среднем по области до 3 г/л и урожайность поднялась до 37,1 ц/га.

Условия применения промывного режима орошения:

1) наличие земель средней и вышесредней засоленности;

2) достаточная водообеспеченность орошаемых земель данной оросительной системы;

3) достаточная удельная протяженность коллекторно-дренажной сети, обеспечивающей создание достаточной толщины пресной «подушки» сверху минерализованных грунтовых вод и понижение их уровня при отводе в коллекторную сеть;

4) наличие исправного водоприемника, принимающего дренажный сток без подтопления орошаемой территории (Сары-Камышская впадина в Южном Хорезме, Сырдарья в Ферганской долине и др.).

Преимущества применения промывного режима орошения:

1. Частично устраняет соленакопление в активном слое почвы в вегетационный период, растворяя и смывая соли в более глубокие слои почвы с опусканием их до грунтовых вод, срабатываемых дренажной сетью.

2. Увеличивает урожайность хлопчатника за счет питания его корневой системой из пресной прослойки грунтовых вод, создаваемой за счет фильтрации грузных поливных и промывных норм и потерь воды из оросительной сети.

3. Уменьшает количество поливов, следовательно, и количество послеполивных обработок, снижает себестоимость центнера хлопка-сырца.

4. Исключает борьбу с потерями воды с полей орошения и из оросительной сети, что позволяет не затрачивать государственных средств на бетонную облицовку русел каналов в районах, где применяется промывной режим орошения.

Недостатки промывного режима орошения:

1) с солями из почвы выносится большое количество растворимых питательных веществ, что требует применения повышенных доз удобрений;

2) применение промывного режима орошения требует увеличенной пропускной способности оросительной сети и лотков-каналов (Голодная степь) в период вегетации.

Выводы. Промывной режим орошения имеет больше преимуществ, чем недостатков. Однако мнение о том, что с развитием орошения, исчерпанием свободных водных ресурсов Амударьи, Сырдарьи и их притоков дальнейшее применение промывного режима орошения будет связано с трудностями, мы считаем несостоятельным.

Доводы: 1. Водообеспеченность из года в год увеличивается за счет зарегулирования стока рек и осуществления антифильтрационных мероприятий.

2. Через 20—30 лет в Среднюю Азию будут переброшены стоки сибирских рек (Оби, Енисея), которые по величине равны суммарному стоку Амударьи и Сырдарьи (около 100 млрд. м^3).

3. Там, где применяется промывной режим орошения, удельная протяженность коллекторно-дренажной сети должна быть рассчитана на создание регулярно обновляемой пресной прослойки (подушки) грунтовых вод, исключающей застой последних.

Для определения количества воды, потребного на орошение с учетом промывного режима орошения, исходя из принципа солевого баланса, лабораторией засоленных почв США (доктор Бауэр, 1964) предложена формула:

$$\frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} = LR^* \qquad (8),$$

где

D_d и D_i — соответственно объемы дренажных и оросительных вод, приходящихся на 1 га;

C_i и C_d — соответственно концентрация оросительной и дренажной воды, г/л;

D_i — может быть представлен в виде

$$D_i = D_e + D_d \qquad (9),$$

где D_e — величина потерь воды на испарение и транспирацию;

D_d — расход дренажных вод.

---

* Уравнение (8) американцы называют Leaching requriment (*LR*) — потребность в промывках.

Решая уравнения 8 и 9, получаем уравнение 10, которым пользуются американцы:

$$D_i = \frac{D_e}{1 - \frac{C_i}{C_d}} \qquad (10).$$

Пример 2а. Определить оросительную норму с учетом промывного режима орошения, если известны: $D_i = 10\,000$ м³/га, $C_i = 0{,}6$ г/л; $C_d = 3$ г/л.

Решение:

$$D_i = \frac{10000}{1 - \frac{0{,}6}{3{,}0}} = \frac{10000}{0{,}80} = 12500 \text{ м}^3/\text{га}$$

Уравнение 10 дает заниженные результаты, не учитывает солей, поступающих в корнеобитаемую зону при вертикальном водообмене (особенно при наличии напорных грунтовых вод), разные коэффициенты фильтрации при слоистых грунтах и т. д. Однако формула 10 дает лишь ориентацию при определении потребного объема оросительной воды (D_i) с учетом промывного режима и сохранения солевого баланса в почве.

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ ХЛОПЧАТНИКА

Ранние и частые поливы большими нормами усиливают рост надземной массы растения и тормозят нормальное развитие корневой системы.

Правильно выбранный поливной режим создает хорошие условия для развития всего растения, что в результате дает обильное плодоношение. Этим условиям удовлетворяет поливной режим, приведенный в табл. 11.

Для урожая до 30—35 ц/га количество поливов можно уменьшить на один-два и этим сократить расход поливной воды.

Разберем два метода диагностирования срока полива хлопчатника, из которых первый распространен в практике мастеров хлопководства, а второй — на опытно-мелиоративных станциях.

По внешним признакам. К первому поливу следует приступать, когда верхние листочки у части растений

Таблица 11

Примерное число поливов хлопчатника на различных типах почв при урожайности более 35 ц/га

(В. Е. Еременко, 1957)

Тип почвы и глубина залегания грунтовых вод	Число поливов	Распределение поливов		
		до цветения	в цветение плодообразование	в созревание
Песчаные и супесчаные с прослойкой гальки и песка	7—10	2—3	4—5	1—2
Сероземы типичные с глубоким залеганием грунтовых вод	6—8	1—2	4—5	1
Луговые с залеганием грунтовых вод на глубине 1,5—2 м	5—6	1—2	3—4	1—0
Луговые и лугово-болотные при залегании грунтовых вод до 1,5—2 м	2—4	0—1	2—3	0

станут в дневные часы подвядать и приобретать темно-зеленую окраску.

В период цветения-плодообразования поливать следует так, чтобы в начале цветения хлопчатника цветы размещались на семи — девяти плодовых ветвях от точки роста главного стебля, в середине цветения — на пяти — семи плодовых ветвях и в конце цветения (август) — на трех-четырех плодовых ветвях от точки роста главного стебля, что соответствует нормальному развитию куста хлопчатника при междоузлиях 4,5—5,5 см. При этом в различных почвенно-климатических условиях хлопчатник в период цветения получает в среднем три-четыре полива.

В период созревания поливать надо так, чтобы не допускать вторичного роста вегетативных органов и создать нормальное питание созревающим коробочкам, т. е. полить один-два раза нормой 600—700 м³/га, что не ухудшит мелиоративного состояния земель и состояния хлопчатника.

По сосущей силе листьев хлопчатника. Изучая сосущую силу листьев хлопчатника, В. С. Шардаков, Л. Л. Голодковский, К. Е. Елсуков пришли к выводу, что можно использовать этот признак для определения

срока проведения очередного полива, пользуясь при этом известной формулой Уршпрунга:

$$S = P - T \qquad (11),$$

где

S — сосущая сила клеток листьев, атм;

P — осмотическое давление клеточного сока, атм;

T — давление оболочки на содержание клеток (тургорное напряжение растянутой оболочки), атм.

Сущность этого метода сводится к следующему. При уменьшении влажности почвы поступление воды в растение уменьшается, вследствие чего концентрация клеточного сока и сосущая сила клеток возрастают.

При сосущей силе листьев хлопчатника, равной 16—18 атм, еще нет опасности подсушки хлопчатника. Однако следует поле готовить к поливу. Если сосущая сила достигнет 18—20 атм, то необходимо немедленно приступить к поливу. При сосущей силе более 20 атм создается угроза опадения плодоэлементов (подсушка).

Сосущую силу нельзя измерять обычным способом. Сосущая сила листьев хлопчатника измеряется путем сопоставления сахарного раствора определенной концентрации с такой же концентрацией сахарного раствора, в который была опущена на полчаса листовая мякоть.

Для проведения опыта приготовляется сахарный раствор (сахароза)

$$C_{12}H_{22}O_{11} \qquad (12).$$

Если принять атомный вес углерода 12, водорода — 1, кислорода — 16, молекулярный вес сахарозы будет равен: $12 \times 12 + 1 \times 22 + 16 \times 11 = 342$ г. Следовательно, для приготовления сахарного раствора в 1 л дистиллированной воды нужно растворить 342 г чистого сахара.

Для определения сосущей силы листьев хлопчатника выполняют следующие операции:

1) приготовляются сахарные растворы разной концентрации (пользуются данными табл. 12);

2) приготовленный раствор разливают в пробирки диаметром 1 см, высотой 5 см;

3) для определения сосущей силы в самое жаркое время дня (с 14 до 17 часов) с верхних частей характерных кустов хлопчатника вырезают кружочки листо-

вой мякоти диаметром 0,5 см и доставляют в лабораторию колхоза или совхоза, тут же опускают в заранее приготовленные пробирки с раствором разной концентрации;

4) через полчаса раствор с листовой мякотью сравнивают с раствором без нее, но одной и той же концентрации.

Если раствор, где лежала листовая мякоть, окажется тяжелее, чем раствор, где не было листовой мякоти

Таблица 12

Получение осмотического давления разбавлением концентрации сахарного раствора дистиллированной водой [39]

Концентрация сахарного раствора	Берется для приготовления раствора		Осмотическое давление раствора, атм
	молекулярный раствор, см³	дистиллированная вода, см³	
0,35	35	65	9,6
0,40	40	60	11,1
0,45	45	55	12,7
0,50	50	50	14,3
0,55	55	45	16,0
0,60	60	40	17,8
0,65	65	35	19,6
0,70	70	30	21,5
0,75	75	25	22,5
0,80	80	20	25,5
0,85	85	15	27,0
0,90	90	10	29,7
0,95	95	5	32,1
1,00	100	0	34,6

(контроль), то капли из пипетки тут же опустятся на дно пробирки, а если легче, то они могут подняться тут же вверх. При совпадении концентраций раствор, вливаемый при помощи пипетки, тут же расплывается (искомый, но редкий случай);

5) результаты опыта записывают в специальный журнал (табл. 13).

По показаниям стрелок над цифрами, приведенными в табл. 13, можно судить об удельном весе раствора, опущенного в контрольные пробирки пипеткой. Искомая сосущая сила находится между двумя соседними стрелками

противоположного направления. Итак, сосущая сила на 26 июля составила $S_1 = \frac{14{,}3 + 16{,}0}{2} = 15{,}15$ атм, а на 27 июля $S_2 = \frac{19{,}6 + 21{,}5}{2} = 20{,}55$ атм (см. табл. 13).

Таблица 13

Журнал для записи данных опыта для определения сосущей силы листьев хлопчатника

Номер полевод-ческой бригады	Номер поливного участка	Последний день полива	День определения сосущей силы	Концентрация раствора в молекулах									Сосущая сила, атм
				0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	
12	8	11/VII	26/VII 27/VII	↓ 9,6	↓ 11,1	↓ 12,7	↓ 14,3	↑ 16	↓ 17,8	↓ 19,6	↑ 21,5		15,15 20,55

Определение срока полива по сосущей силе листьев позволяет регулировать не только поливы, но и нарезку борозд, внесение удобрений и культивацию.

Диагностирование сроков поливов хлопчатника по сосущей силе листьев практикуется почти на всех опытно-мелиоративных станциях СоюзНИХИ и дает хорошие результаты.

Этим методом САНИИРИ проведены научно-производственные опыты (1948—1951 гг.) в колхозах им. Свердлова Янгиюльского района, «Октябрь» Гулистанского района, где также были получены положительные результаты.

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ ЛЮЦЕРНЫ

Люцерна имеет более высокий коэффициент транспирации[1], чем хлопчатник, и более длительный период вегетации (примерно на один-полтора месяца больше, чем период вегетации хлопчатника). Этим и объясняются более высокие оросительные нормы люцерны, превышающие оросительные нормы хлопчатника на 20—

[1] Коэффициентом транспирации называется количество воды в граммах, израсходованное растением на образование одного грамма сухого вещества.

25% и больше, особенно там, где грунтовые воды залегают глубже 3—4 м.

Люцерну чаще поливают по таким схемам:

1) на легких, сильноводопроницаемых почвах и в районах, обеспеченных водой, дают три полива за каждый укос — в фазы отрастания, начала бутонизации, начала цветения;

2) на средневодопроницаемых почвах и в районах, питающихся из маловодных ирригационных систем,— по два полива за каждый укос — в фазы отрастания и бутонизации;

3) в районах маловодья и в годы обильных атмосферных осадков дают один полив только в период бутонизации.

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ РИСА

Культура риса своим режимом орошения резко отличается от других суходольных культур. Рис — влаголюбивая, теплолюбивая культура и требует полного затопления поля водой и поддержания на его поверхности слоя воды 10—15 см почти весь вегетационный период. Общее количество воды, потребное рисовому полю в период первоначального затопления, продолжающегося обычно месяц, в зависимости от залегания уровня грунтовых вод и скорости их оттока колеблется в пределах 35% общей оросительной нормы риса.

Во второй период затопления постоянный ток воды на рисовое поле устанавливается для поддержания на нем определенного слоя воды в продолжение 70—80 дней, в течение этого периода расходуется около 55% оросительной нормы.

Третий период охватывает время налива зерна. В это время подача воды на рисовое поле почти прекращается. Во время созревания вода с рисового поля сбрасывается. Расход воды составляет около 10% оросительной нормы.

СоюзНИХИ рекомендует планировать водопотребление риса с 1 мая по 30 июня — 45%, с 1 по 31 июля — 30%, с 1 по 31 августа — 20% и с 1 по 15 сентября — 5% оросительной нормы. Хотя в планах водопользования общая оросительная норма риса принимается 20—30 тыс. м³, она достигает 45—60 тыс. *м³/га*. Если рис поливать так же прерывисто, как суходольные культу-

ры, то урожай не уменьшается. При прерывистом поливе с перерывом в водоподаче на поле через пять — десять дней расход воды снижается до 20—25 тыс. *м³/га*. Непрерывное затопление рисовых полей нужно для борьбы со злостным сорняком (курмаком) и для поддержания более равномерного теплового режима на рисовых полях. Непрерывное затопление рисового поля уменьшает колебание суточных температур почвы — понижает максимальную дневную и повышает минимальную ночную температуру почвы. Поэтому с перерывами рис лучше поливать тогда, когда ощущается недостаток воды на ирригационной системе (в критические периоды).

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ ВИНОГРАДНИКА

В первый год посадки виноградника, когда корневая система еще недостаточно развита, за вегетацию его необходимо поливать 10—12 раз. На второй и третий годы после посадки виноградник поливают шесть — восемь раз. Плодоносящий виноградник за вегетацию поливают четыре — шесть раз на тяжелых почвах и восемь — десять раз — на песчаных, супесчаных, гравелистых почвах, обладающих слабой водоудерживающей способностью.

Первый раз виноградник поливают после открытия кустов в апреле, второй — в первой половине мая, третий — в июне (после цветения), четвертый и пятый — в июле, шестой и седьмой — в августе. При недостатке воды поливать следует один раз в месяц — с мая по август.

Поливная норма на тяжелых почвах колеблется от 800 до 1000 м³/га, а на легких почвах можно ограничиться нормой 500—600 м³/га. Чаще виноградники поливают по глубоким арыкам, затоплением и по бороздам. Глубокоарычный способ орошения широко распространен при культуре виноградника врасстил. Этот способ имеет большой недостаток — не допускает механизированной и конной обработки почвы. Поливать затоплением можно лишь в отдельных случаях на засоленных, требующих частых промывок, почвах. Основным способом полива виноградников на больших площадях должен быть бороздковый полив. На участках со слабым уклоном борозды нарезают глубиной 20—25 см, а на участках с большим уклоном — не более 15—20 *см*. Дли-

на борозд должна быть не более 300 м. Борозды нарезают на расстоянии 50—70 см от ряда виноградных кустов с двух сторон.

Корневая система у виноградника достигает 2—3 *м* и более. Увлажнить почву на такую глубину легче всего, если провести три-четыре запасных полива в осенне-зимний и ранневесенний периоды нормами 1200—1500 *м³/га*. На участках с высоким стоянием пресных грунтовых вод запасных поливов проводить не следует, а засоленные участки надо промывать.

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ ФРУКТОВЫХ САДОВ

Неплодоносящие (молодые) плодовые насаждения в зависимости от близости грунтовых вод в первые годы после посадки на глубоких сероземах нужно поливать 10—12 раз за вегетационный период. На галечниковых почвах число поливов доводят до 15 без учета посадочных поливов. Примерные сроки и количество поливов: в апреле-мае, июне, августе — по два, в июле — три, в сентябре — один. Зимой следует все участки поливать дважды (за исключением земель с близкими грунтовыми водами), а на галечниковых почвах — трижды. Зимние поливы проводят с ноября до марта.

Плодоносящий сад за вегетацию поливают от четырех до шести раз. На галечниковых почвах число поливов увеличивают до 18—20 за лето. Сады на больших площадях лучше поливать по бороздам. Борозды нарезают в междурядьях сада на расстоянии 1 м одна от другой.

Первый раз поливают через две недели после цветения (в первой половине мая). На галечниковых почвах первый полив дают до цветения, второй — через месяц после первого (в первой половине июня), третий — в первой половине июля, четвертый — в конце августа или начале сентября.

Абрикосовые (урюковые) сады необходимо полить вслед за уборкой урожая. Зимой также поливают дважды в период с ноября по март.

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ КУКУРУЗЫ И ДЖУГАРЫ

Кукуруза и джугара на поливе в районах Средней Азии и Южного Казахстана имеют сравнительно большой удельный вес по занимаемой площади. Среди

всех кормовых культур кукуруза имеет самое большое количество кормовых единиц. Однако научно-исследовательские учреждения не располагают достоверными данными о поливном режиме отдельных сортов кукурузы и джугары в различных климатических и почвенно-гидрогеологических условиях.

Кукурузу и джугару сеют рядами, поливают по бороздам и обрабатывают либо в одном продольном, либо в двух направлениях — вдоль и поперек так же, как хлопчатник.

Наибольшую потребность в воде кукуруза испытывает примерно за две недели до цветения султанов и в течение 20—25 дней цветения. Несвоевременные, поздние поливы в этот период приводят к резкому снижению урожая. Глубина увлажнения почвы в апреле-мае — 30—50 см, в июне — 60 см, июле-августе — 70 см. Поливать нужно через 10—15 дней в зависимости от механического состава почвы и залегания уровня грунтовых вод.

ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ ОВОЩЕ-БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Поливной режим овощных и бахчевых культур для центральной климатической зоны республик Средней Азии и Южного Казахстана приведен в табл. 14. Данный поливной режим рекомендуется для средневодопроницаемых почв. Для прочих почвенных разностей центральной климатической зоны и почв южной и северной климатических зон оросительные нормы рекомендуется определять, используя следующие коэффициенты:

для легких почв центральной климатической зоны	— 1,10
для тяжелых почв этой же зоны	— 0,95
для почв южной климатической зоны	— 1,15
для почв северной климатической зоны	— 0,90

Под лук осеннего сева в июле дается предпосевной полив нормой примерно 800 м³/га и продолжают поливы до июля следующего года 7, 9, 12 раз небольшими нормами от 600 до 800 м³/га; участки, занятые под морковью, после появления всходов до первого прореживания все время поддерживают во влажном состоянии. Морковь поливают через семь-восемь дней, а осенью — через 10—12. Недели за две до уборки урожая поливы прекращают. Помидоры поливают сразу же после вы-

садки рассады, через один-два дня поливают второй раз. Через 10—12 дней после посадки дается предокучечный полив. После первой окучки помидоры выдерживают без полива 12—15 дней. После этого поливают через восемь — десять дней дважды и окучивают вторично. Далее продолжают поливать через 8—10—12 дней, с начала созревания чаще — через шесть-семь дней.

Бахчевые культуры после появления всходов до первой окучки поливают один-два раза, после первой окучки в продолжение 22—27 дней их не поливают. Затем дают предокучечный полив, вторую окучку и не поливают 12—15 дней. Впредь поливают через 10—12 дней в зависимости от погоды и наличия влаги в почве.

МЕТОДЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Успехи, достигнутые в ирригации среднеазиатских республик, побудили органы эксплуатации ирригационных систем и проектные институты пересмотреть режим орошения, предложенный около 30 лет назад СоюзНИХИ.

Доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций А. В. Соколов, занимаясь в течение многих лет исследованиями научных основ режима орошения, предложил новые принципы определения оптимального режима орошения по ландшафтному и агроландшафто-мелиоративному районированию хлопковой зоны Узбекистана [1].

По методике, разработанной А. В. Соколовым, все природные показатели хлопковой зоны Узбекистана, обусловливающие разницу в водопотреблении, объединяются в единицы таксономической системы.

А. В. Соколов делит хлопковую зону Узбекистана на восемь ландшафтов:

1) южные пустыни в естественных условиях, или южный оазис пустынных почв в культурных условиях;

2) южные эфемерные пустыни, или южный оазис светлых сероземов;

3) южная полупустыня, или южный оазис типичных сероземов;

---

[1] Материалы объединенной сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР по вопросам мелиорации. Ташкент, изд-во «Фан», 1967, стр. 303—310.

Овощные и бахчевые культуры	Оптимальные сроки сева	Глубина залегания грунтовых вод до 1 м			
		поливная норма, м³/га	оросительная норма, м³/га	количество поливов	срок полива
Картофель ранний	1—15/III	600—700	2700	4	21/IV—10/VII
Картофель поздний продовольственный	15/V—10/VI	800—600	4100	6	1/V—10/X
Картофель поздний семенной	10/VI—1/VII	800—600	4100	6	6/VI—10/X
Капуста ранняя 01—600 м³/га	1/III—15/III	400—700	2900	4	1/III—30/VI
Капуста средняя 01—700 м³/га	1/IV—1/V	400—700	3700	5	I/IV—15/VIII
Капуста поздняя 01—800 м³/га	10/VI—1/VII	500—700	4800	6	10/VI—15/X
Томаты, баклажаны и перец 01—800 м³/га	15/IV—10/V	500—600	7700	12	15/IV—10/X
Столовые корнеплоды ранние	1/III—15/III	600—700	2700	4	11/IV—15/VII
Столовые корнеплоды поздние	15/VI—1/VIII	600—800	3400	5	11/VI—15/X
Лук осеннего сева	1/VII—20/VII	600—800	4800	7	26/VII—11/VIII
Лук весеннего сева	1—15/III	600—700	3300	5	11/IV—15/VIII
Огурцы ранние	10/IV—20/V	600—700	5900	9	8/IV—20/VIII
Огурцы поздние	15/VI—1/VII	600—700	5800	9	13/VI—10/X
Дыни и арбузы ранние и средние	10/IV—15/V	600—800	3300	5	8/IV—10/IX

Таблица 14

бахчевых культур

Глубина залегания грунтовых вод от 1 до 2 м				Глубина залегания грунтовых вод более 2 м			
поливная норма, м³/га	оросительная норма, м³/га	количество поливов	срок полива	поливная норма, м³/га	оросительная норма, м³/га	количество поливов	срок полива
600—800	4900	7	16/IV—10/VII	600—700	5300	8	16/IV—5/VII
800—600	6900	10	10/V—10/X	800—600	9000	13	10/V—10/X
600—800	6100	8	6/VI—15/X	800—600	8400	12	6/VI—15/X
400—700	4300	6	1/III—30/VI	400—700	5600	8	5/III—30/VI
400—600	5200	7	1/IV—15/VII	400—700	7100	10	2/IV—15/VIII
500—700	6100	8	10/VI—20/X	500—700	8900	12	10/VI—20/X
500—600	9500	15	16/IV—10/X	500—700	11500	18	16/IV—10/X
700—600	4400	6	11/IV—15/VII	600—700	5300	8	6/IV—15/VII
600—700	6100	8	12/VI—15/X	700—800	8900	11	12/VI—20/X
600—700	6900	9	26/VII—11/VIII	600—700	9100	12	27/VII—25/VIII
600—800	5200	8	11/IV—20/VIII	600—700	7900	12	6/IV—20/VIII
600—700	7800	12	8/IV—20/VIII	600—700	9700	15	8/IV—20/VIII
800—600	7400	11	13/VI—10/X	800—600	8700	13	13/VI—10/X
800—600	4700	7	8/IV—20/IX	800—700	6300	9	8/IV—20/IX

4) центральные пустыни, или центральный оазис пустынных почв;

5) центральные эфемерные пустыни, или центральный оазис светлых сероземов;

6) центральные полупустыни, или центральный оазис типичных сероземов;

7) северные пустыни, или северный оазис пустынных почв нижнего течения Амударьи;

8) северные пустыни, или северный оазис пустынных почв Приаральской низменности.

В вышеприведенных ландшафтах выделено 25 подландшафтов или агроландшафтов в пределах речных бассейнов, на территории каждого из них расположены одна или несколько довольно крупных оросительных систем. Для обоснования размещения на ландшафте разных сортов хлопчатника по группам скороспелости семян предложены коэффициенты температурной обеспеченности для периодов вегетации от сева до созревания и от начала созревания (раскрытия первых коробочек у 50% растений) до полного созревания данного сорта хлопчатника по группе скороспелости семян.

Дифференциация режима орошения хлопчатника и других культур по ландшафтам и агроландшафтам осуществляется по агротермическому вегетационному коэффициенту, выраженному зависимостью, включающей количественные показатели климатических факторов (дополнительных к температуре воздуха), наиболее существенно влияющих на водопотребление растений (относительная влажность воздуха, скорость и повторяемость направления ветра).

Схема расчета оптимального режима орошения хлопчатника и культур хлопкового комплекса, предложенная А. В. Соколовым, завершается определением переменных оросительных норм, распределением их по фазам развития хлопчатника по водному балансу активного слоя почвы с учетом всех природных факторов, о которых изложено выше.

Институт «Средазгипроводхлопок» предлагает расчетную формулу для определения оросительной нормы по суммарному дефициту влаги (испаряемости), основанной на формуле Н. Н. Иванова с введением разных поправочных коэффициентов.

Расчетной формулой, предложенной для определения поливной нормы, дополнительно учитываются количество воды, расходуемое на транспирацию и испарение из запасов, удерживаемых почвой сверх полевой предельной влагоемкости, непроизводительные потери воды на испарение при поливе, неравномерность распределения (увлажнения) поливной воды, зависящей от спланированности участка, способа и техники полива, длины борозды, водопроницаемости почв, скорости добега, сброса.

Следует отметить, что какая бы методика ни была принята для установления оптимального режима орошения сельскохозяйственных культур, основой основ должно быть полное соответствие режима орошения рациональной технике полива и технике орошения.

СПОСОБЫ ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Полив затоплением применяется при орошении культуры риса и промывке засоленных земель. Перед поливом затоплением поле предварительно делят на участки (чеки), огражденные со всех сторон валиками. Без чеков, устроенных надлежащим образом, почва промывается неравномерно, а повышенные места не промываются. Зачастую этим и объясняются неравномерные всходы, что снижает урожайность.

Для равномерной промывки засоленных почв и удержания определенного слоя воды на рисовом поле при помощи валиков поливной участок разделяют на чеки от 0,2—0,3 до 1,0 га, что зависит от уклона местности.

При больших размерах чеков продолжительность и нормы промывного полива увеличиваются. Перепускать воду из чека в чек нельзя. Поэтому промывку рекомендуется начинать с нижних чеков. Каждый чек должен получать воду непосредственно из одного или нескольких временных оросителей или ок-арыков.

Чеки устраивают в виде прямоугольника шириной от 40 до 80 м, что зависит от поперечного уклона местности, длина зависит от продольного уклона местности и глубины затопления. Разница отметок двух смежных чеков при крутом рельефе не должна превышать 20 см,

а при спокойном — 10 см. Глубина затопления рисового чека должна быть не более 10—15 см, поливная струя — от 25 до 50 л/сек.

Валики, ограждающие чеки, сильно препятствуют проходу через них тракторов с прицепными орудиями как при летних обработках, так и при уборке урожая. Валики нарезают палоделателями, навешенными на трактор. Для улучшения условий механизации валики после промывок убирают. Внутри чека уклоны не должны превышать 0,002 (20 см на 100 м падения).

Пример. Определить длину и ширину чека:

а) для промывки засоленных почв, если $h = 0{,}12$ м, продольный уклон местности $i = 0{,}002$, поперечный уклон местности $i_0 = 0{,}001$.

Решение: ширина чека $b = \frac{h}{i} = \frac{0{,}12}{0{,}002} = 60$ м;

длина чека $l = \frac{h}{i} = \frac{0{,}12}{0{,}001} = 120$ м;

Площадь чека $\omega = bl = 60 \times 120 = 7200$ м^2 $= 0{,}72$ га.

б) для затопления рисового поля, если $h = 0{,}10$ м; $i = 0{,}002$; $i_0 = 0{,}001$.

Решение: $b = \frac{h}{i} = \frac{0{,}10}{0{,}002} = 50$ м; $l = \frac{h}{i_0} = \frac{0{,}10}{0{,}001} = 100$ м.

Площадь чека $\omega = bl = 50 \times 100 = 5000$ м^2 $= 0{,}5$ га.

Поскольку валики делают при возделывании риса постоянными, они занимают значительную часть (до 10%) полезной площади рисового поля. Свеженасыпаемые валики при первоначальном затоплении часто прорываются. За лето их приходится несколько раз подправлять, что требует затрат труда.

При промывке засоленных земель валики являются аккумуляторами солей, в них (по данным У. Исамханова) накапливается в три раза больше солей, чем до промывки. Соли остаются на поверхности после разравнивания валиков, способствуя изреженности всходов хлопчатника.

В настоящее время за рубежом и у нас в СССР разрабатывается и проверяется на практике новая техноло-

гия возделывания риса по замене междучековых земляных валиков съемными пластмассовыми перегородками. Ограждение из пленки устраивают после подготовки почвы к севу, перед началом затопления и снимают перед уборкой риса.

Для ограждения чеков в США (штат Калифорния) используют полиэтиленовую пленку толщиной 0,20 мм и шириной 600 мм. Опорами для установления пленки служат деревянные стойки высотой 750 мм, сечением 25 × 50 мм, максимальное расстояние между опорами — 1200 мм.

На Кзыл-Ординской и Дальневосточной машинно-испытательных станциях, начиная с 1962 г., ведутся опытно-исследовательские работы по замене земляных валиков полиэтиленовыми. Опыт показал, что затраты труда на устройство и снятие пластмассовых перегородок, ограждающих чеки, составляют на гектар 53,02 чел/час.

На опытном участке площадью 6 га в Кзыл-Ординской машинно-испытательной станции при замене съемными перегородками только поперечных валиков было высвобождено 3,5% полезной орошаемой площади, что дало возможность собрать дополнительно 1,46 ц/га риса [18].

На экспериментальных станциях в Штутгарте и Келсо (США) прирост посевной площади под рисом составил 3,67—7,9%, что повысило валовой сбор продукции с рисовых полей.

По приведенным данным можно судить о том, что высокая стоимость полиэтиленовой междучековой съемной перегородки перекрывается приростом площади и полученным с нее дополнительным доходом.

Съемные полиэтиленовые перегородки большое значение имеют при промывке засоленных земель.

Необходимо провести опыты в различных природно-хозяйственных условиях по замене земляных валиков полиэтиленовыми перегородками на рисовых полях и на промываемых засоленных землях [18].

Решение вопроса механизации операций по установке междучековых перегородок, безусловно, повысит экономическую эффективность новой технологии возделывания не только риса, но и хлопчатника.

СРОКИ ПРОМЫВНЫХ ПОЛИВОВ

Засоленные почвы лучше всего промывать тогда, когда уровень грунтовых вод опускается глубоко и зона аэрации имеет наибольшую емкость, что для большинства районов Средней Азии приходится на осенне-зимний период, до наступления сильных и устойчивых морозов. При морозах 7—10° и более промывать засоленные земли нецелесообразно. Вода используется с низким коэффициентом полезного действия из-за заторов в оросительной сети, обмерзания и разрушения ирригационных сооружений. Поэтому рекомендуется засоленные почвы промывать до наступления сильных морозов — в ноябре и декабре. Лучше проводить промывку до января, это повышает урожайность хлопчатника. Так, по данным СоюзНИХИ, в Хорезме наивысшая урожайность хлопчатника 44,8 ц/га получена, когда большая часть промывной воды 3020 м³/га была дана в осенне-зимний период.

В экспериментальном хозяйстве научно-исследовательского института земледелия ККАССР комплексное звено, руководимое Сапарбаем Карабаевым, проводившее промывку нормой 6000 м³/га на площади 40 га в ноябре, декабре 1966 г., имело возможность завершить сев хлопчатника к концу апреля 1967 г. и получило урожай 35 ц/га; 95% хлопка сдано государству первыми сортами. А на других площадях, где промывка проводилась весной, сев был завершен 19 мая 1967 г., средняя урожайность хлопчатника составила 17 ц/га.

Промывки не должны повышать уровень грунтовых вод и тем ухудшить мелиоративное состояние земель. Интервалы между промывками должны быть: два-три дня — для легких, три-четыре — для средних и шесть-семь дней — для тяжелых по механическому составу почв.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОМЫВНЫХ НОРМ

Эффект от промывок получается тогда, когда вместе с опреснением почвы достигается и опреснение грунтовых вод. Для этого очень важно правильно определять величину промывной нормы, учитывающей исходную минерализацию и другие факторы, исключающие угрозу реставрации засоления почв. Эмпирическая формула

(13) проф. В. А. Ковды является одной из формул, отвечающих этим требованиям [17]

$$y = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot 400x \pm 100 \qquad (13),$$

где

y — слой промывной воды, мм;

x — процент солей в двухметровом слое почвы;

n_1 — коэффициент зависимости от механического состава (в песках — 0,5; суглинках — 1; глинах — 2);

n_2 — коэффициент зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод (при глубине более 7 — 10 м — 1; при 5 м — 1,5; при 1,5 — 2 м — 3);

n_3 — коэффициент зависимости от минерализации грунтовых вод (при средне- и маломинерализованных водах равен 1; при сильноминерализованных — 2; при рассолах — 3).

Пример. $x = 0{,}5\%$; $n_1 = 1{,}0$; $n_2 = 3$; $n_3 = 1{,}0$.

Решение. $y = 1 \times 3 \times 1 \times 400 \times 0{,}5 \pm 100 = 600 \pm 100$

$y = 700 \div 500$ мм, или $y_{\text{сред}} = \frac{700 + 500}{2} =$

$= 600$ мм.

В переводе на промывную норму:

$$M_{\text{пр}} = 600 \times 10 = 6000 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Если промывать почву такой дозой, то пришлось бы в чеке держать слой воды 6000 : 10 000 = 60 см, а высота валика была бы не ниже 65 см. Учитывая трудность поделки валиков такой высоты и удержание в чеке напора в 60 см и другие соображения организационного порядка, рекомендуется промывать почву в два-три приема.

Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В. Д. Журина предложил подбирать промывные нормы в зависимости от механического состава, степени засоления почв по хлору и глубины залегания грунтовых вод при хорошо работающем дренаже (табл. 15) [17].

ВИДЫ ПРОМЫВНЫХ ПОЛИВОВ И СПОСОБЫ ПОЛИВА ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ОРОШЕНИИ

Промывки бывают эксплуатационные, ежегодно применяемые для освобождения почвы от накопившихся солей за год, и капитальные, применяемые при освоении засоленных целинных земель. Для осуществления

капитальных промывок предложены методы: форсированная промывка (Э. С. Варунцян), боковая промывка (А. И. Калашников), промывка по бороздам (Б. В. Федоров, А. Эргашев).

Форсированная промывка [10] эффективна на хорошо дренируемых почвах. Для проведения форсирован-

Таблица 15

Рекомендуемые величины промывных норм, тыс. м³/га

Исходная степень засоления почвы по хлору, %	Глубина залегания грунтовых вод, м					
	средние почвы			тяжелые почвы		
	1—2	2—3	больше 3	1—2	2—3	больше 3
0,02—0,06	2,0	1,5	1,3	2,5	2,3	2,0
0,07—0,15	5,0	3,8	2,4	6,9	4,9	2,5
0,16—0,25	7,5	6,0	4,4	10,0	7,5	5,5
0,26—0,35	10,2	8,2	6,2	13,2	10,2	6,8
Больше 0,35	13,2	10,5	8,0	16,9	12,9	10,0

ной промывки необходимо нарезать временные глубокие дрены глубиной 3—3,5 м на расстоянии 100—350 м друг от друга в зависимости от величины коэффициента фильтрации почвогрунтов. После рассоления почвогрунтов временные глубокие дрены ликвидируют (засыпают) при помощи механизмов. Некоторые из них могут быть превращены в закрытые дрены и сданы в постоянную эксплуатацию.

Автор этого метода считает, что необходимое удаление солей из толщи грунтов возможно только при подаче больших количеств воды. Большая подача воды требует и быстрого отвода ее. Обычно эффективность первых больших порций промывных вод по солеудалению значительно больше последующих.

Форсированную промывку целесообразнее проводить в два такта: полосу вдоль дрен шириной 30—60 м, засеваемую суходольной культурой, промывать в осенне-зимний период, а центральную часть междренного пространства промывать через культуру риса летом.

При двухтактной промывке почва центральной части междренья опресняется лучше и в более короткий срок.

Расчет расстояний между глубокими дренами можно вести по удельным величинам расходов на 1 км дрены

в зависимости от коэффициента фильтрации почвогрунтов. В табл. 16 приводятся наблюденные усредненные удельные расходы, которыми можно пользоваться для ориентировочных расчетов.

Таблица 16

Наблюденные удельные расходы дрены в зависимости от коэффициента фильтрации

Коэффициент фильтрации, м/сутки	Расход на 1 км дрены, л/сек
3,3	36
4,5	45
6,0	75
7,6	85
12,6	150

Зная промывную норму, продолжительность промывки и пропускную способность канала, можно подсчитать рациональные расстояния между временными глубокими дренами.

Опыт применения форсированной промывки, проведенный ВНИИГИМ в 1963—1964 гг. в совхозе № 4 в Голодной степи, показал рассоление почвы до 0,7—0,8% плотного остатка при глубинах открытых дрен 3—3,5 м и расстоянии между ними 300 м. Были нарезаны временные дрены между постоянными глубиной 0,7—0,8 м на расстоянии 30—40 м друг от друга. Промывка производилась в летне-осенний период нормой 64—76,5 тыс. м³/га. На промытом участке в первый же год был высеян хлопчатник и получен урожай по 25,3 ц/га.

Недостатки форсированной промывки заключаются в том, что она не дает эффекта во всех почвенно-мелиоративных условиях, не является универсальной.

На тяжелых по механическому составу с плохой водопроницаемостью сильнозасоленных почвах с близким залеганием уровня грунтовых вод более рациональным считается применение боковой промывки.

Боковая промывка [16] осуществляется с помощью временных приточно-отточных промывных устройств, показанных на рис. 1. Боковая промывка может быть проведена также путем соответствующего использования существующих дрен и оросителей.

Боковая промывка осуществляется длительным поддержанием в наполненном состоянии всех приточных элементов системы при низком уровне воды в отточных элементах. Фильтрационные потоки, являющиеся результатом гидравлического взаимодействия между уровнями воды в приточных и отточных каналах, вытесняют солевые растворы из почвы, которые удаляются за пределы мелиорируемой территории. Причиной фильтрационного движения воды от приточного элемента к отточному является разность отметок горизонтов воды в них — напор.

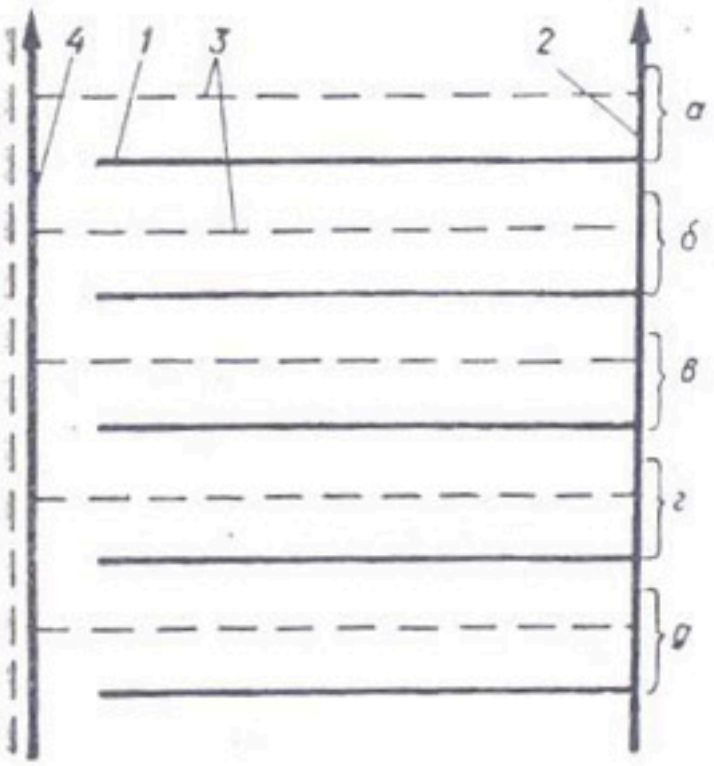


Рис. 1. Принципиальная схема взаимного размещения промывных устройств:

1 — приточные элементы; *2* — подводящий канал; *3* — отточные элементы; *4* — объединительный канал (А. И. Калашников).

Скорость промывной фильтрации и, следовательно, срок завершения промывки при прочих равных условиях зависит от расстояния между приточными и отточными элементами.

Временные приточные элементы (каналы) выполняются в виде небольших каналов типа ок-арыков в полувыемке-полунасыпи, нарезаемых канавокопателями или грейдерами. Отточные элементы имеют вид временных дрен, нарезанных канавокопателями до глубины 2—3,5 м.

Обвалованные полосы, устраиваемые двойным проходом палоделателя или однокорпусного плантажного плуга, имеют ширину 5—20 м.

Чем глубже отточные элементы (дрены), тем больше промывной напор и связанная с ним эффективность промывки и возможность более редкого их расположения.

Метод боковых промывок не рекомендуется применять при большой глубине грунтовых вод более 4 м независимо от степени засоления и при слабозасоленных почвах независимо от глубины грунтовых вод.

Автор метода боковой промывки (А. И. Калашников) рекомендует определять приближенную промывную норму по формуле:

$$M_{пр} = \alpha h + npH_{кр} \qquad (14),$$

где

$M_{пр}$ — промывная норма в метрах слоя воды;

α — свободная часть порозности почвогрунта зоны аэрации в долях единицы ($\alpha = 0{,}2 \div 0{,}3$);

h — исходная глубина грунтовых вод, м;

p — общая порозность почвогрунта в долях единицы ($p = 0{,}4 \div 0{,}5$);

$H_{кр}$ — заданная глубина обессоливания почвогрунтов, м (обычные пределы $3 \div 10$ м);

n — коэффициент замещения солевых растворов, в основном зависящий от неравномерности фильтрации, различный при разных вариантах боковой фильтрации ($n = 1{,}2 \div 2{,}5$).

Пример. $\alpha = 0{,}3$; $h = 2$ м; $P = 0{,}5$; $H_{кр} = 3$ м; $n = 2$.
Решение: $M_{пр} = 0{,}3 \times 2 + 2 \times 0{,}5 \times 3 = 3{,}6$ м; или $M_{пр} = 3{,}6 \times 10000 = 36000$ м³/га.

Средний модуль подачи воды на промывку определяется (по А. И. Калашникову) по формуле:

$$q_{ср} = \frac{M_{пр}}{T_к} \qquad (15),$$

где

$q_{ср}$ — модуль водоподачи, л/сек на 1 га;

$M_{пр}$ — промывная норма, м³/га;

$T_к$ — календарная длительность всего периода промывки в секундах для данного варианта.

Об эффективности промывки можно судить по выносу солей в процессе промывки и по окупаемости затраченной воды выносом солей. В одном из опытов, проведенных А. И. Калашниковым, установлено, что при боковой промывке за 99 суток отведено 97,8 т/га солей (по хлору), а при сплошной (обычной) промывке — 85,2 т/га солей при затратах воды (70,8 : 33,5 тыс. м³) в 2,1 раза больше, чем в первом случае.

Окупаемость затраченной на промывку воды вынесенным количеством хлора оказалась равной: при боковой промывке — 2,92 кг/м³, при сплошной промывке —

1,20 кг/м³. Эти данные свидетельствуют о явном преимуществе боковой промывки перед сплошной.

Уместно отметить, что эксплуатационные боковые промывки экспериментально еще не проверены в различных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условиях староорошаемых земель колхозов и совхозов. Однако нет сомнения в том, что боковые промывки с использованием существующей сети также оправдают себя как освоительные боковые промывки.

Промывка по бороздам [42] испытывалась Среднеазиатским научно-исследовательским институтом почвоведения (Б. В. Федоров, А. Эргашев).

Установлено, что наибольший эффект от промывок по бороздам получается при расположении их по наименьшему уклону с проведением промывки без сброса.

Наибольший эффект от способа промывки по бороздам получен в варианте с расстоянием между затопляемыми бороздами 2,4 м. При этом способе рассоление почвы происходит преимущественно путем выжимания сильноминерализованных грунтовых вод в незатопляемые борозды с выводом их за пределы участка путем поверхностного смыва. В этом случае основная масса солей необратимо удаляется с поливного участка.

В опытах А. Эргашева за 23 дня было вынесено около 200 т/га солей. Как доказывает автор, промывной водой в 20—25 тыс. м³/га за 20—25 суток можно рассолить двухметровую толщу солончака. Затраты воды на рассоление 1 га по сравнению с сплошной (обычной) промывкой уменьшаются в 1,5—2 раза, а время на промывку — в 1,5—2 раза. Столь ускоренное и эффективное рассоление почвы достигается благодаря усилению ее дренированности, так как каждая незатопляемая борозда служит временной дреной.

При промывке по бороздам наибольший вынос солей происходит за счет хлоридов и легкорастворимых сульфатов. В опытах А. Эргашева при глубине затопляемых борозд 15 см и расстоянии между ними 2,4 и 3,6 м и промывной норме 16—21 тыс. м³/га вынос хлора из двухметровой толщи был довольно устойчивым — 80—90% от исходного содержания.

Полив напуском по полосам — один из основных способов полива сельскохозяйственных культур, который по-

лучил за последние годы распространение на орошаемых участках степных районов Советского Союза.

При поливе по полосам воду подают из выводных борозд (ок-арыков) или непосредственно из временного оросителя на узкие полосы, огражденные временными низкими валиками, устраиваемыми вдоль уклона местности высотой 12—20 см.

Таблица 17

Примерные длина полос и размеры поливных струй в зависимости от водопроницаемости почв и уклонов [9]

Водопроницаемость почв	Уклоны	Полосы	
		длина, м	удельный расход, л/сек
Высокая	0,002—0,004	150—200	12—10
	0,004—0,007	200—250	10—8
	0,007—0,010	250—300	8—6
Средняя	0,002—0,004	200—250	10—8
	0,004—0,007	250—300	8—6
	0,007—0,010	300—350	6—4
Слабая	0,002—0,004	250—300	8—6
	0,004—0,007	300—350	6—5
	0,007—0,010	350—400	5—4

В табл. 17 приводится примерная длина полос при различных уклонах и водопроницаемости почвы, рекомендованная Южным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации.

Поливают по полосам узкорядные посевы зерновых культур и трав. При этом способе полива важно, чтобы вода на полосы поступала равномерно по всей ширине и при этом не размывала почву (рис. 2). Расход воды на полосу определяется путем умножения удельного расхода на ширину полосы. Скорость воды в полосе по условиям эрозии должна быть в пределах 10—20 см/сек.

Недостатками этого способа являются: разрушение структуры почвы и уплотнение ее после полива; возможность размыва почвы при больших удельных расходах воды; необходимость устройства валиков, подлежащих заравниванию перед уборкой урожая зерновых хлебов и трав.

Поливная норма нетто (без сброса) средняя на длине полосы (l), выраженная в виде слоя воды (по А. Н. Костякову), равна:

$$m = K_{ср} \cdot t \qquad (16),$$

где m — поливная норма в виде слоя воды,

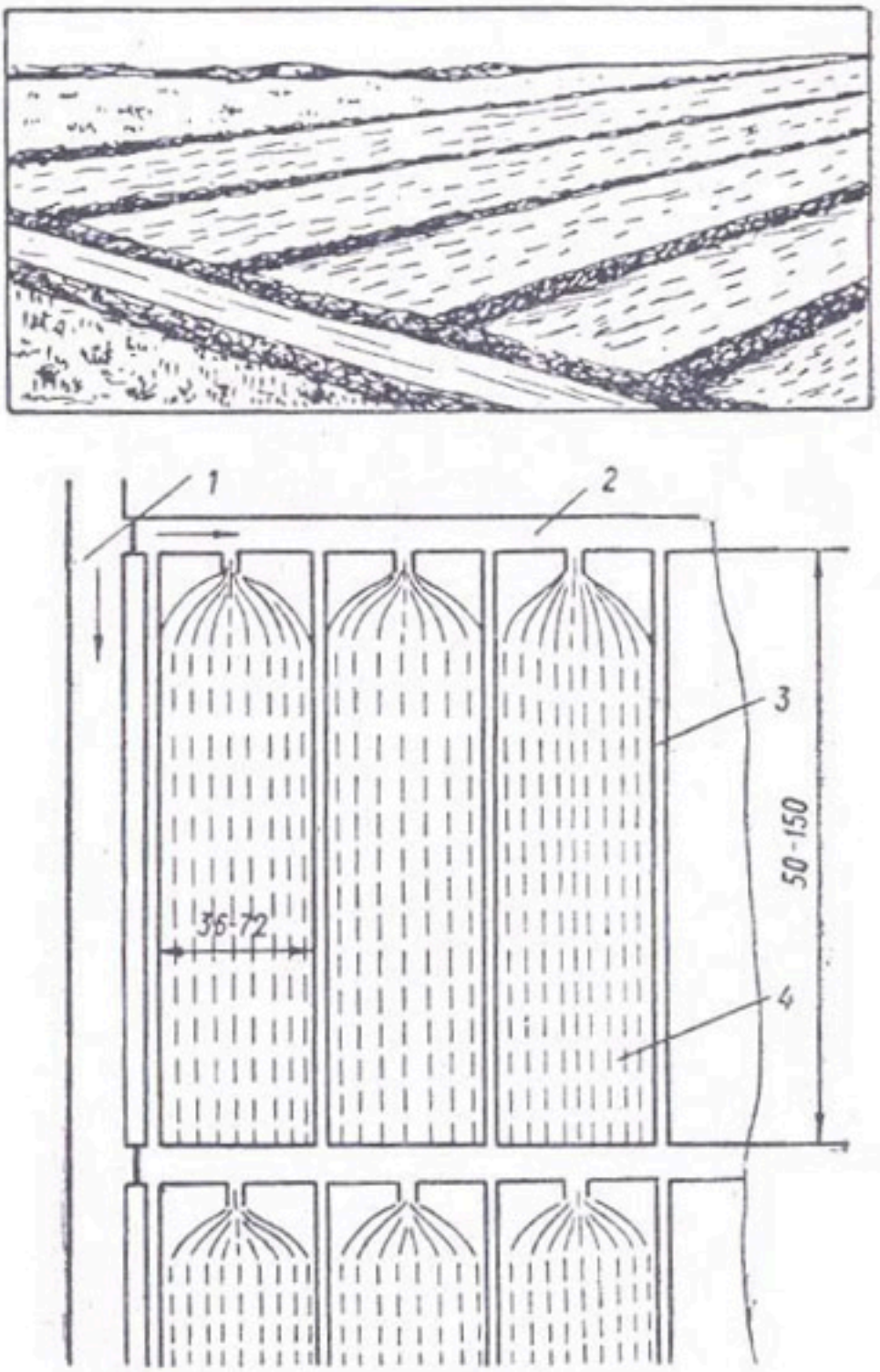


Рис. 2. Схема полива напуском по полосам:

1 — временный ороситель; *2* — выводная борозда; *3* — валик; *4* — поливная полоса

$K_{ср}$ — среднее значение скорости просачивания за период времени t по А. Н. Костякову:

$$K_{ср} = \frac{K_0}{t^{\alpha}}; \qquad K_0 = \frac{K_1}{1-\alpha}, \text{ где}$$

K_0 — коэффициент, характеризующий воднофизическое свойство почвы, $\alpha = 0{,}3 \div 0{,}8$; среднее значение $\alpha_{ср} = 0{,}5$;

K_1 — просачивание воды в почву за первый час полива: в сильнопроницаемых почвах — 0,12 — 0,08 м/час, в среднепроницаемых — 0,08 — 0,04, в слабопроницаемых — 0,04 — 0,01 м/час.

Продолжительность полива полосы определяется по формуле А. Н. Костякова:

$$t = \frac{m}{K_{ср}} = \left(\frac{m}{K_0}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \qquad (17).$$

Полив по джоякам. Джояки бывают гребенчатые и зигзагообразные (рис. 3).

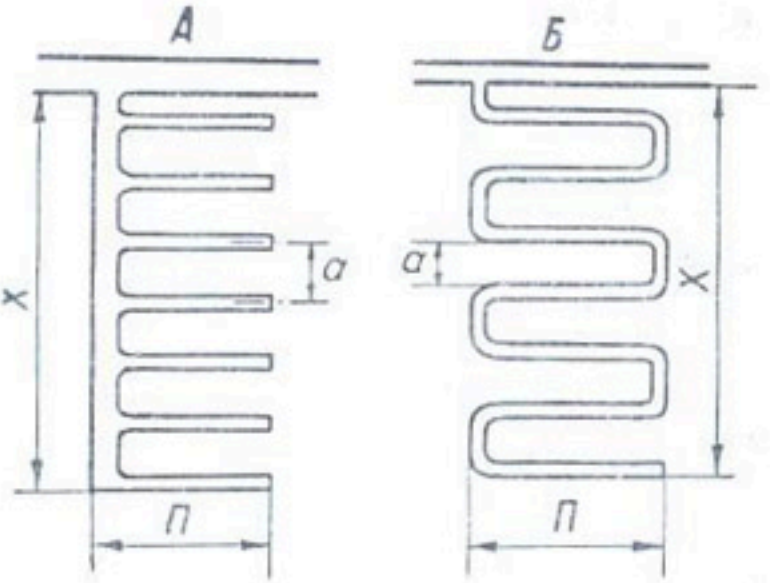


Рис. 3. Схема полива по джоякам:
А — гребенчатый джояк;
Б — зигзагообразный джояк

На больших уклонах устраивают зигзагообразные джояки, так как благодаря удлинению пути следования воды зигзагами уклон искусственно смягчается, и скорость воды уменьшается. Джояки проводят по горизонталям местности при длине 10÷30 м.

Длину площадки делают от 40 до 80 м, глубину джояков — 30—45 см; сечение воды в них равно 0,06÷0,12 м²; ширина гряд между джояками — 0,9÷1,4 м.

Джояки применяют при выращивании бахчевых и овощных культур.

Недостатки полива по джоякам — невозможность механизировать сельскохозяйственные работы, большие затраты труда на производство гряд, большие затраты оросительной воды, низкий коэффициент земельного использования (КЗИ).

Преимущества полива по джоякам — боковое увлажнение почвы без уплотнения пахотного горизонта.

Полив по бороздам является самым распространенным и усовершенствованным способом полива самотечного орошения, так как позволяет:

максимально механизировать все виды сельскохозяйственных работ (нарезку борозд, внесение удобрений, культивацию, чеканку, уборку хлопка хлопкоуборочными машинами и т. д.); равномерно увлажнять почву и тем создавать лучший воздушный тепловой и питательный режимы для растений; применять его при любом рельефе; экономно расходовать оросительную воду. При поливе по бороздам вода в борозды поступает либо из временного оросителя (поперечная схема), либо из ок-арыка (продольная схема). Борозды нарезаются на расстоянии 50, 60, 80, 90 см друг от друга. Длину борозды и расход воды определяют в зависимости от водопроницаемости почвы и уклона поливного участка по направлению полива.

Борозды бывают сквозные (с открытыми концами), со сбросом в следующий ок-арык или временный ороситель и тупые (с закрытыми концами) без сброса. Сквозные борозды применяют при уклонах от 0,001 до 0,01 и более. Наилучшие для них уклоны 0,002—0,008. Тупые борозды применяют при уклонах от 0,001 до 0,0005 и менее. Их применяют во многих хозяйствах южного Хорезма, Мургабской долины.

Размеры борозд, см

	Глубина	Ширина по верху
Мелкие	8—12	20—25
Средние	13—18	25—40
Глубокие	18—25	40—50

Полив через междурядье [3]. Полив через междурядье способствует накоплению и сохранению плодоэлементов, ускорению созревания и сбора обильных урожаев хлопка. Так издавна поливали крестьяне бахчевые, овощные культуры и картофель в Средней Азии.

В настоящее время хлопчатник через борозду поливают только в отдельных колхозах Ферганской долины, убедившихся в преимуществах этого способа.

При поливе через междурядье 76—85% корневой системы развивается главным образом в сторону неполиваемого междурядья, где накапливаются также благоприятствующие урожаю микроорганизмы. При поливе хлопчатника через борозду урожай увеличивается в среднем на 3—5 ц/га в сравнении с обычным поливом — по всем бороздам.

Полив через междурядье дает наибольший эффект в случае, если будет достигнуто хорошее увлажнение почвы в середине неполиваемого междурядья путем бокового промачивания его с обеих сторон и если поливаемые междурядья не будут меняться. Однако нельзя без учета конкретных условий повсеместно поливать через междурядье. На гравелистых и супесчаных почвах, не обладающих достаточной капиллярностью, на участках с большими уклонами, а также с тяжелыми уплотненными почвами со слабой водопроницаемостью, поливать следует в каждое междурядье.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

Первыми исследователями в развитии и совершенствовании техники полива в СССР являются академики А. Н. Костяков, Б. А. Шумаков, И. А. Шаров, профессора Н. А. Янишевский, Н. Д. Кременецкий. Занимались техникой полива доктора наук — В. Е. Еременко, А. И. Будаговский; кандидаты наук — В. М. Романов, Г. М. Гусейнов, К. А. Жарова, М. Д. Челюканов, Н. Т. Лактаев, Б. Ф. Камбаров, Д. А. Штокалов, П. И. Скупченко и многие другие.

Среди исследователей особое место занимают доктор сельскохозяйственных наук, профессор ТИИИМСХ С. М. Кривовяз и доцент А. Н. Ляпин, которые достигли многого в области теории бороздкового полива, опубликовали ряд ценных работ и продолжают работать в этом направлении.

За рубежом ценные работы по технике полива проведены Кридлом, Феланом, Дэвисом, Пэром (США), Д. Давыдовым и Г. А. Крафти, И. С. Вырлевым, Цветаном Матевым (Болгария).

Усилия исследователей направлены на определение оптимальных параметров техники полива (расхода воды в борозде, ее длины в зависимости от водопроницаемости почвы, скорости добегания воды, уклона по направлению полива), обеспечивающих высокую производительность на поливе при равномерном увлажнении поливного участка. Кроме этого, к технике полива предъявляются следующие требования:

рациональное использование поливной воды;

создание максимально благоприятных условий для механизации сельскохозяйственных работ;

сохранение структуры почвы при поливе.

СоюзНИХИ (1950 г.) рекомендовались расходы воды в бороздах от 0,1 до 1,2 л/сек при длине борозд от 40 до 150 м.

С течением времени изменялась агротехника возделывания хлопчатника, усовершенствовалась и техника полива. Так, например, до 1954 г. междурядье было 70 см и вся техника хлопковой модификации была приспособлена к этому. С переходом к квадратно-гнездовому способу борозды стали нарезать через 50, 60, кое-где и 45, 55 см. В последние годы было оставлено междурядье только 50 и 60 см.

В проекте орошения новой зоны Голодной степи предусмотрена длина борозд 200—240 м при среднем расходе воды в борозде 0,3 л/сек. Как показал производственный опыт, при таком расходе воды длина борозды должна быть не более 100 м, а фактическая производительность труда на поливе не может превышать 0,5 га в смену.

Для хлопкосеющих совхозов новой зоны орошения Голодной степи комплексная нагрузка на одного трудоспособного запроектирована в 8 га. При такой нагрузке производительность труда на поливе должна быть не менее 2—3 га в смену. Этой производительности соответствуют широкорядные посевы хлопчатника с шириной междурядья 90 см с длинными бороздами до 300—400 м.

Средняя урожайность хлопчатника на широкорядных посевах по шести совхозам Голодностепстроя в 1966 г. составила 19 ц/га, а на узкорядных — 17 ц/га.

Впервые широкорядные посевы в Голодной степи начали внедрять в совхозе «Малик» (старая зона орошения), который, начиная с 1964 г., неуклонно повышает урожайность хлопчатника.

В новой зоне орошения Голодной степи из года в год увеличивается площадь широкорядных посевов хлопчатника. В 1966 г. она составила около 21 тыс. га (31,4%).

В 1967 г. в совхозе имени Акмаля Икрамова были проведены производственные опыты в двух бригадах — Актаева и Атамурадова.

Таблица 18

Производственные данные для сравнения узкорядного и широкорядного способов возделывания хлопчатника [21]

Показатель	Бригада Б. Актаева (60 см)	Бригада С. Атамурадова (90 см)
Площадь посева хлопчатника, га	90	80
Урожайность фактическая, ц/га	21,9	38,1
Собрано хлопка машинами, %	70	90,4
Валовой сбор, т	197,5	305,1
Фактическая себестоимость 1 ц хлопка-сырца, руб.	20,89	15,65

Из табл. 18 видно, что при широкорядных посевах увеличиваются валовой сбор, урожайность, машинный сбор хлопка и снижается себестоимость хлопка-сырца. Разумеется, снижается и стоимость механизации сельскохозяйственных работ.

При переходе к широкорядному посеву удлиняются борозды, увеличивается расход воды, пускаемой в борозды, и производительность труда на поливе. Однако не все колхозы и совхозы хлопкосеющих районов имеют возможность перейти на поливы с удлиненными бороздами при широком междурядье без укрупнения поливных участков (до 10 га) с последующей планировкой их поверхности. Нет сомнения в том, что на орошаемых землях с легкими почвами и крутыми уклонами широкорядные посевы внедряться не будут.

Полив по длинным бороздам следует проводить в первую очередь на суглинистых и глинистых почвах со средней и слабой водопроницаемостью и на поливных участках с уклонами по направлению полива 0,002—0,008.

Широкорядные посевы с удлиненными бороздами в первую очередь найдут широкое применение в хозяйствах

нового орошения, расположенных в Голодной, Каршинской степях, в Сурхан-Шерабадской долине, в зоне Каракумского канала, в Центральной Фергане и др.

Соблюдение оптимальных элементов техники полива является гарантией выполнения всех требований, предъявляемых к ней.

Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ЮЖНИИГИМ) на основании опытных данных в зависимости от водопроницаемости почвы и уклонов, при которых обеспечивается промачивание метрового слоя почвы, рекомендует следующие элементы техники полива по бороздам (табл. 19, 20).

Таблица 19

Примерные элементы техники полива по бороздам [9]

Уклоны поливного участка	Водопроницаемость почвы	Длина поливной борозды, м	Расход воды в борозде, л/сек
0,002—0,004	Высокая	120—200	2,0—1,5
0,004—0,007		200—250	1,5—1,2
0,007—0,010		250—350	1,2—1,0
0,002—0,004	Средняя	200—250	1,5—1,2
0,004—0,007		250—300	1,2—1,0
0,007—0,010		350—400	1,0—0,8
0,002—0,004	Слабая	250—300	1,2—1,0
0,004—0,007		300—350	1,0—0,8
0,007—0,010		250—450	0,8—0,5

Таблица 20

Примерная протяженность поливных борозд для условий Средней Азии, м [42]

Уклоны поверхности	Водопроницаемость почвы		
	слабая	средняя	высокая
0,01	125—150 м	100—130 м	50—80 м
0,007	250—300	200—250	100—150
0,005	300—400	250—350	120—180
0,002	350—500	300—400	140—200
0,0005	200—250	150—200	60—100

Профессор С. М. Кривовяз предлагает расходы поливных борозд при уклоне меньше 0,003 определять по формуле:

$$q_0 = 1{,}28\sqrt{i} \cdot h^2 \text{ л/сек} \qquad (18),$$

где

i — уклон дна борозды,

h — допускаемая глубина воды в борозде, $h = 0{,}6H - 2\Delta$, где H — полная глубина борозды, Δ — точность планировки поверхности поля; $\Delta = \pm 3 \div 5$ см.

На землях с уклоном больше 0,003, бесструктурных сероземах и пустынных почвах хлопковой зоны допустимая величина расхода для поливных борозд может быть определена приближенно по формуле [42]:

$$q_0 = \frac{1{,}75 \cdot 10^{-6}}{i^{2{,}5}} \text{ л/сек} \qquad (19).$$

По рекомендации этого же автора для луговых и лугово-сероземных почв с более высоким содержанием гумуса полученный по формуле (19) расход должен быть увеличен на 20—30%.

Недостатки техники полива по бороздам заключаются в том, что подавляющее большинство поливальщиков не умеют поливать заданными (плановыми) поливными нормами, их девиз: «Поливать до потемнения гребня борозд». Это может быть справедливым в том случае, если элементы техники полива подобраны правильно, по уклону поливного участка и водопроницаемости почвы (см. табл. 19).

Автору приходилось быть неоднократно свидетелем неправильно подобранных элементов техники полива, в результате чего поливной участок 7—12 суток (вместо двух суток) находился под водой и потемнение гребней борозд не наступало вследствие провала воды в подпочву, состоящую из мощного отложения галечника и песка [7].

Вода в подпочву проваливается обычно на первой трети длины борозд. Эпюра увлажнения почвы по длине борозды представляет собой прямоугольный треугольник, основание которого равно максимальной глубине промачивания почвы в головной части борозды. Такое нарушение основы техники полива, за которым мало кто следит, приводит к низкой производительности на

поливе, оросительной системы в целом и создает перенапряжение в водопользовании со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Равномерность увлажнения почвы по длине борозд и производительность на поливе зависят от регулировки поступления воды в борозды. Армированием оголовков борозд разными материалами и технико-экономическим анализом их занимался С. М. Кривовяз. Испытанию подвергались: дерн, камышовые трубочки, бумажные салфетки, переносные металлические трубочки, щитки, резиновые сифоны, брезентовые лотки на малых уклонах, трубопроводы на больших уклонах и непереносные трубки. При расходе воды 20—25 л/сек производительность поливальщика за сутки была в пределах 1,3—1,8 га. Только при увеличении расхода воды соответственно до 40—50 л/сек при применении переносных брезентовых лотков и переносных трубопроводов производительность поливальщика соответственно увеличилась до 4—5 га. Стоимость одного поливогектара выразилась в пределах 2 руб. 30 коп. и 3 руб. 50 коп. Наиболее дорогим оказалось армирование оголовков борозд дерном (3 руб. 50 коп.) и самыми дешевыми оказались переносные брезентовые лотки (2 руб. 30 коп.), затем переносные металлические трубки, камышовые трубочки, бумажные салфетки (2 руб. 70 коп. и 2 руб. 60 коп.).

ПОЛИВ ГИБКИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ И ТРУБОЧКАМИ-СИФОНАМИ

Для закрепления оголовков борозд дерном, бумажной салфеткой, металлическими трубочками и прочими материалами так или иначе через каждые 50 или 60 см приходится разрывать дамбу ок-арыка (или временного оросителя) и в какой-то мере ослаблять ее, не говоря о затрачиваемом труде поливальщика на эту операцию. Из-за опасения размыва временной земляной сети зачастую полив прекращают ночью и воду отводят в сброс. Кроме того, ок-арыки при продольной и временные оросители при поперечной обработках снижают производительность пропашных тракторов, больше амортизируют их ходовую часть, особенно на орошаемых массивах со слабыми уклонами.

Временные оросители и ок-арыки занимают 2,5—3% полезной площади и в них теряется на фильтрацию и испарение до 20—30% оросительной воды, подаваемой на участок.

Применение гибких оросительных трубопроводов вместо временных оросителей и гибких поливных трубопроводов вместо ок-арыков устраняет вышеупомянутые недостатки, повышает производительность поливальщика до 2,5—3 га в смену, или до 5—6 га в сутки.

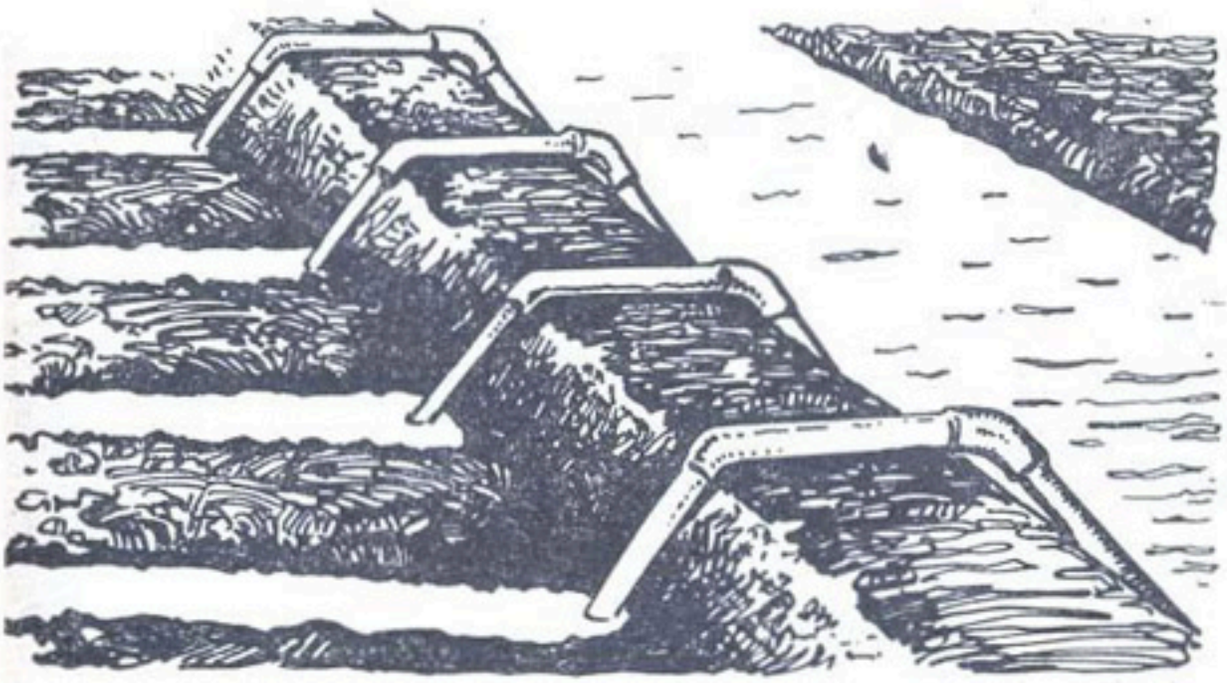


Рис. 4. Применение двояконзогнутых сифонов для распределения воды по бороздам.

Сифоны, применяемые для выпуска воды в борозды, не только облегчают труд поливальщиков, но и улучшают качество полива. Сифон — жесткая двояконзогнутая металлическая трубка (рис. 4) или же гибкий резиновый или полиэтиленовый шланг (рис. 5).

Сифоны выпускаются диаметром 10, 20, 25, 32, 40 и 50 мм, толщиной стенок 1,6—2,5 мм и длиной 1300 мм. Вес трубки в зависимости от диаметра — 100—300 г.

Полиэтиленовые трубки в 2,5—3 раза легче металлических и в четыре-пять раз легче резиновых. Для нормального полива 1 га хлопчатника необходимо иметь 25 трубок-сифонов [36].

Расходы воды, проходящей через сифон, можно определять по эмпирической формуле, предложенной профессором С. М. Кривовязом:

$$q = 0{,}0225d^2\sqrt{h} \qquad (20),$$

где

q — расход воды, проходящей через сифон, л/сек;

d — диаметр сифонов, см;

h — напор (высота слоя) воды над центром отверстия трубки сифона, см.

Напор должен быть не меньше двух диаметров трубки сифона (см. табл. 19).

По данным этого же автора, в совхозе «Малик» (в бригаде Арсланова) при длине борозд от 300 до 800 м

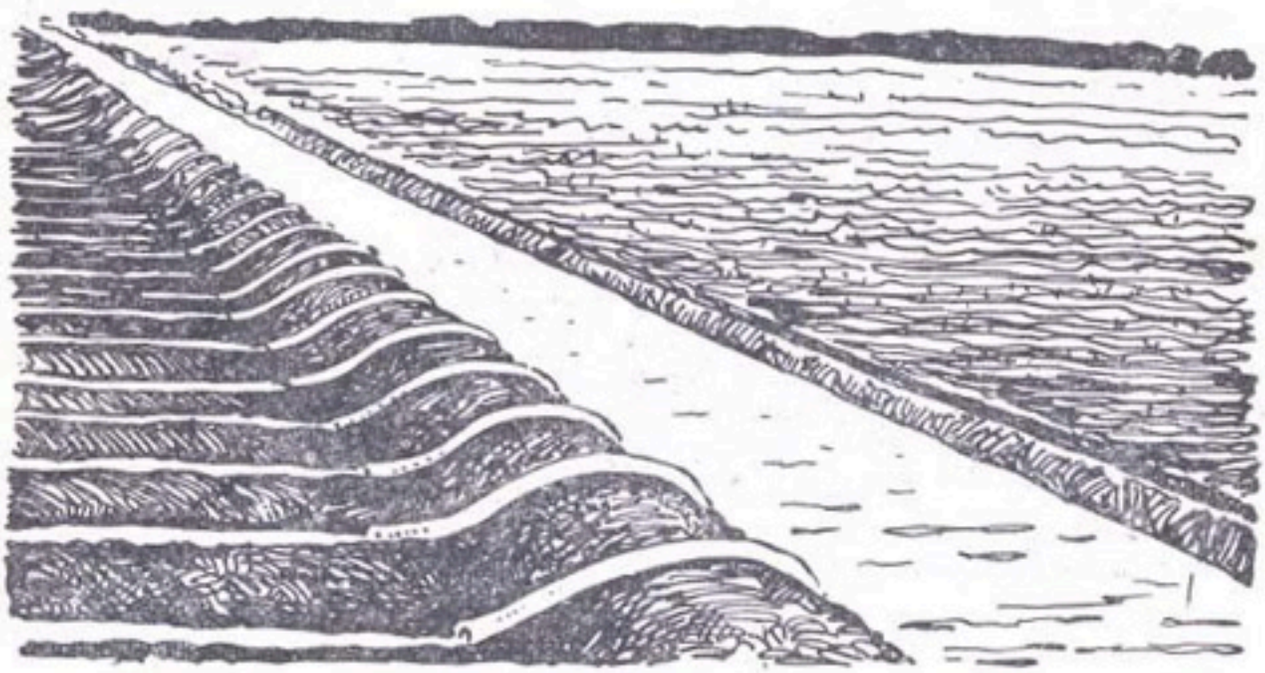


Рис. 5. Выпуск воды в поливные борозды сифонами из оросителя с большой пропускной способностью.

и ширине междурядья 1 м средняя выработка поливальщика составила 2,5 га в смену. Поливогектар обошелся в 2 руб. 60 коп., стоимость полива 1 га за сезон — 9 руб. 20 коп.

На Кумсангирском плато в Вахшской долине (Таджикская ССР) (Г. Ю. Шейнкин) при лучшей планировке поверхности поливного участка ширине междурядья 60 см и длине борозд 270 м достигнута производительность на поливе 3—3,5 га в смену [20].

Переносные сифоны и небольшие отрезки гибких шлангов, испытанные в Голодной степи (Г. Н. Павлов, 1963—1964) для выпуска воды из лотков, дают возможность довести расход воды до 150—200 л/сек и снизить

ежегодные затраты на производство полива до 3,7—4,9 руб/га.

Каким образом контролировать допустимые расходы воды, пускаемой в борозды во избежание ирригационной эрозии и недоувлажнения борозд? В этом случае рекомендуем пользоваться табл. 22.

Таблица 21

Эффективность полива при разной длине борозд и способах регулирования выпуска воды [20]
(Данные СоюзНИХИ)

Показатель	Способ регулирования					
	чимом (ершом)			сифонами		
	длина борозд, м					
	100	200	300	100	200	300
Выработка поливальщика, га/смену	0,5	0,8	1,25	0,8	1,1	2,2
Стоимость одного поливогектара, руб.	4,6	4,2	3,4	3,3	2,9	2,6

Таблица 22

Расход воды, пропускаемой через трубки-сифоны в зависимости от их диаметра и напора воды, л/сек [36]

Материал сифона	Диаметр сифона, мм	Напор, см				
		4	6	8	10	15
Полиэтилен	20	0,19	0,23	0,26	0,28	0,36
	30	0,34	0,51	0,59	0,66	0,81
	40	0,79	0,91	1,06	1,18	1,45
	50	1,19	1,43	1,65	1,84	2,25
Резина	20	0,13	0,17	0,19	0,21	0,25
	30	0,30	0,40	0,47	0,52	0,62
	40	0,60	0,72	0,82	0,97	1,13
	20	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25
Жесть	30	0,32	0,38	0,44	0,52	0,62
	40	0,46	0,68	0,79	0,88	1,13
	50	0,86	1,06	1,23	1,37	—

Примечание. При необходимости пропуска больших расходов может быть скомбинировано нужное количество сифонов, дающих в сумме требуемый расход воды.

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

На данном этапе сельскохозяйственного водопользования научная и конструкторская мысль развивается по двум направлениям: 1) создания передвижных поливных устройств из пластифицированной ткани или гибких пластмассовых материалов; 2) создания самоходных поливных машин высокой производительности.

В комплект поливного устройства из гибких трубопроводов конструкции И. И. Величко (ВНИИГИМ) входят следующие детали:

1) транспортирующий трубопровод диаметром 440 мм, заменяющий временные оросители. Трубопровод состоит из отдельных звеньев длиной 200 м, соединяемых на требуемую длину с помощью цилиндрических муфт из листового железа. Для подключения к нему поливного трубопровода на транспортирующем трубопроводе через каждые 100 м имеются гибкие гидранты [9];

2) поливной трубопровод, заменяющий ок-арыки (выводные борозды) длиной 250—350 м, переменным диаметром — от 440 до 190 мм с конусными переходами на границах изменения диаметров, по всей длине имеет отверстия, из которых выпускается вода в поливные борозды [9].

3) намоточное навесное приспособление на тракторе для механизированной укладки и сборки гибких трубопроводов, состоящее из двух катушек емкостью 400—500 м трубопровода [9];

4) переносные сифоны из листового железа для пропуска расхода воды 150—250 л/сек, они заменяют водовыпускные сооружения на постоянном канале. Заряжают сифоны ручным вакуум-насосом или с помощью специального вакуум-бачка, установленного на тракторе [9];

5) переносные перемычки из пластмассы или капрона, служащие для создания подпора в постоянном канале, необходимого при заборе из него воды [9].

Итак, поливное устройство из гибких трубопроводов в пределах поливного участка является законченной передвижной оросительной системой, обеспечивающей забор, транспортирование и автоматическое распределение воды по поливным бороздам.

Капроновые трубопроводы изготавливаются диаметром 150, 200, 250, 300, 350 и 440 мм длиной 100—120 м. В поливных капроновых трубопроводах через каждые 0,6 м или 0,9 м имеются отверстия для регулирования подачи воды в поливные борозды.

Комплект состоит из 1000 м капроновых трубопроводов, из которых 600 м имеют диаметр 350 мм, а 400 м — 300 мм. По требованию заказчика могут быть поставлены трубопроводы в любом количестве диаметром 440 и 150 мм.

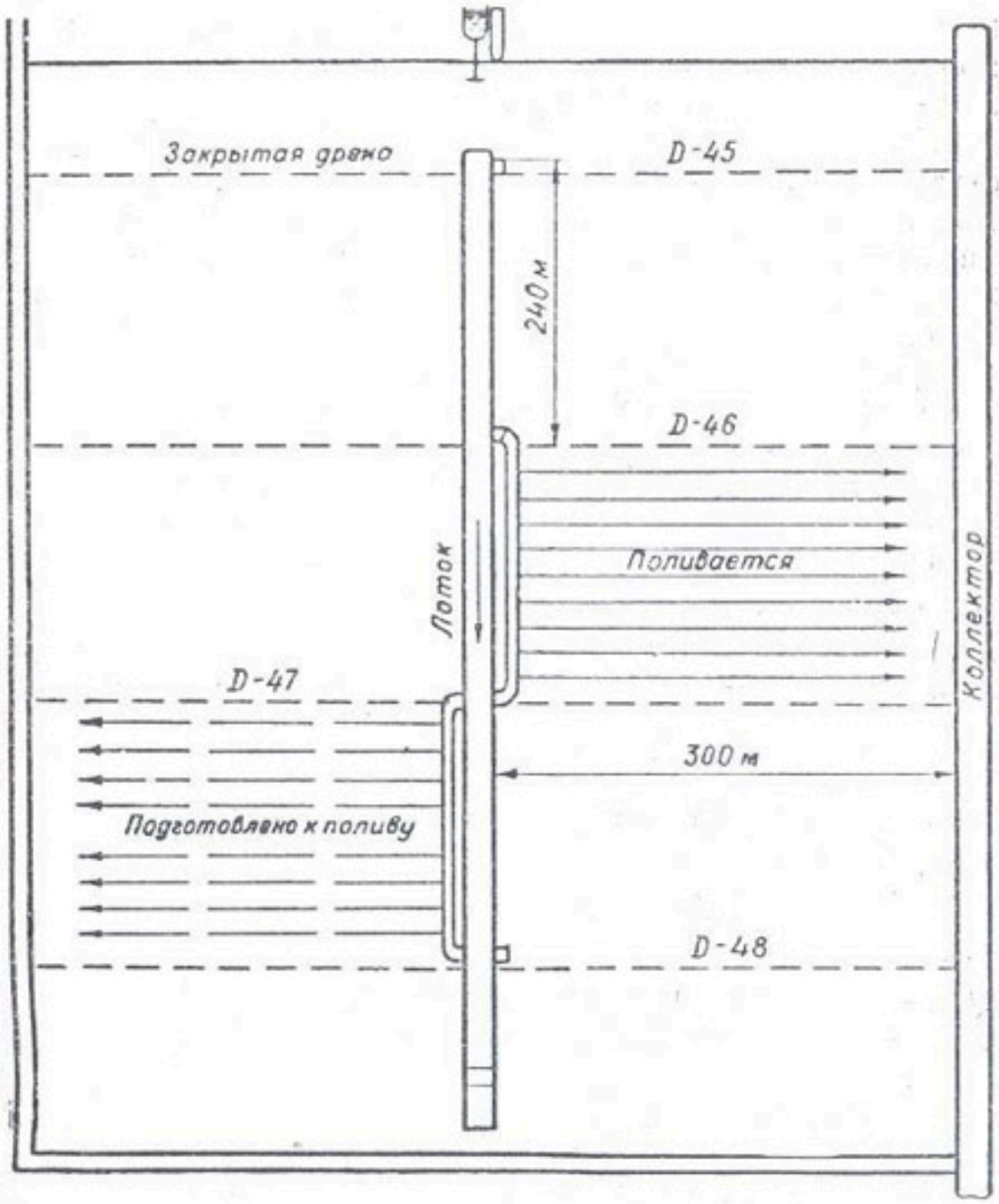


Рис. 6. Схема полива перпендикулярно лотку (М. Д. Челюканов).

Применение поливного устройства из гибких трубопроводов автоматизирует поливы, повышает коэффициент использования воды за счет снижения потерь воды на фильтрацию и более равномерного распределения ее по поливному участку, способствует улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, исключая нарезку временной оросительной сети, увеличивает коэффициент земельного использования (КЗИ) на 6—7%.

Комплект поливного устройства из гибких трубопроводов может обслуживать за сезон 80—100 га орошаемых земель. Количество необходимых комплектов для полеводческой бригады и хозяйства может быть определено исходя из среднего расчета 90 га.

Поперечная схема полива из лотков предложена институтом «Средазгипроводхлопок». Как сказано выше, при широком междурядье (90 см) длину борозд можно увеличить до 400 м и более, а расход воды — до 2—3 л/сек. Принципиальное отличие предложенной схемы заключается в том, что при ней борозды нарезаются перпендикулярно лотку или закрытому трубопроводу (рис. 6), а вода забирается в любом месте лотка переносным сифоном с расходом 30 л/сек и распределяется между бороздами короткими отрезками гибкого трубопровода длиной 30 м, диаметром 300—550 мм.

Постоянный уровень воды в лотке поддерживают переносным брезентовым щитком. В комплекте оборудования поливных трубопроводов — 500 м, переносных сифонов — десять и брезентовых щитков — десять.

РАСЧЕТ ГИБКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Расход нетто севооборотного участка определяется по формуле:

$$Q_{сев} = \alpha \omega_{сев} q \qquad (21),$$

где

$Q_{сев}$ — расход воды нетто севооборотного участка, л/сек;

α — эксплуатационный показатель (погрешность техники полива);

$\alpha = 1{,}15 \div 1{,}30$;

$\omega_{сев}$ — площадь севооборотного участка, га;

q — расчетная ордината гидромодуля, л/сек/га;

Расчетный расход транспортирующего трубопровода ($Q_{тр}$) определяется по формуле:

$$Q_{тр} = \frac{\alpha \omega_{сут} m_{max}}{86{,}4 \cdot t} \qquad (22),$$

где

$\omega_{сут}$ — суточная площадь полива, га;

$\omega_{сут} = \frac{\Omega}{t}$, где Ω — площадь полива ведущей культуры, га;

t — продолжительность полива ведущей культуры, сутки;

m_{max} — максимальная поливная норма ведущей культуры, м³/га;

Суточная площадь полива уточняется с учетом погрешности техники полива по формуле:

$$\omega_{сут} = \frac{Q_{тр} \cdot 86{,}4}{\alpha m_{max}} \text{ га} \qquad (23).$$

Если суточная площадь полива получилась равной суточной производительности трактора при культивации, то расчетный расход транспортирующего трубопровода (22) определен правильно.

Число одновременно работающих траспортирующих трубопроводов (n) определяется по формуле:

$$n = \frac{Q_{сев}}{Q_{тр}} \qquad (24).$$

Гидравлический расчет транспортирующего трубопровода производят на форсированный расход:

$$Q_{форс} = (1{,}2 — 1{,}3)\, Q_{тр}. \qquad (25).$$

Расчетный расход поливного трубопровода определяется по формуле:

$$Q_{пол} = \frac{l_{пол}}{a} \cdot q_б \qquad (26),$$

где

$l_{пол}$ — длина поливного трубопровода, м;

a — расстояние между бороздами, м;

$q_б$ — средняя величина расхода воды в борозде, м³/сек.

Число одновременно работающих поливных трубопроводов на транспортирующем трубопроводе (К) равно:

$$K = \frac{Q_{тр}}{Q_{пол}} \qquad (27).$$

Диаметр переносного поливного трубопровода (шланга) определяется по формуле:

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{Q_{пол}}{v_{доп}}} \qquad (28).$$

Скорости принимаются при длине шланга:
$l = 150$ м $v = 1$ м/сек } при мутности воды
$l = 200$ м $v = 1{,}5$ м/сек } $\rho = 0$
При мутности $\rho = 1 - 1{,}5$ г/л $v_{max} = 2$ м/сек.

Допустимая скорость ($V_{доп}$) при средней (расчетной) поливной струе принимается меньше максимальной скорости во столько раз, во сколько средняя поливная струя меньше максимальной.

Пример 6. Исходные данные: Материал поливных шлангов — полиэтилен; длина $l = 200$ м; струя борозды переменная и изменяется в процессе полива от 0,1 до 0,2 л/сек. $q_б = 0{,}20$ л/сек; ширина междурядий $a = 0{,}60$ м; полив производится в каждую борозду; поливная вода мутная, температура 20° С.

Решение: по формуле (26) определяем расчетный расход в начале поливного шланга при средней поливной струе:

$$Q_{пол} = \frac{200}{0{,}6} \cdot 0{,}00020 \approx 0{,}070 \text{ м}^3/\text{сек} = 70 \text{ л/сек}.$$

Определяем диаметр поливного шланга, исходя из расчетного расхода в начале шланга $Q_{пол} = 70$ л/сек и допустимой скорости

$v_{доп} = 1{,}5$ м/сек по формуле (28),

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{0{,}070}{1{,}5}} = 1{,}13 \times 0{,}216 = 0{,}244 \text{ м} \approx 244 \text{ мм}.$$

Принимаем ближайший больший стандартный диаметр шланга, равный 250 мм.

Для нормальной работы гибкого трубопровода (шланга) при средней поливной струе определяют длину l или уклон i шланга по формуле:

$$i = \frac{v_1^2}{2d}\sqrt{\left(\frac{\lambda}{3d} - \frac{\alpha_0}{l}\right)} \qquad (29),$$

где
λ — коэффициент сопротивления трения по длине;
d и l — диаметр и длина шланга, м;

α_o — коррективов скоростного напора, равный 1;
v_1 — скорость движения воды в первом (начальном) сечении шланга, м/сек; v_1 определяется по формуле:

$$v_1 = \frac{Q_{пол}}{0{,}785d^2} \qquad (30).$$

Коэффициент $\lambda_{гл}$ для технически гладких труб определяют по формуле Ф. А. Шевелева:

$$\lambda_{гл} = \frac{0{,}25}{R_e^{0{,}226}} \qquad (31),$$

где

число Рейнольдса [1] $R_e = \frac{v_{ср} \cdot d}{\nu}$ (32).

Скорость движения воды в среднем сечении трубопровода:

$V_{ср} = \frac{V_1}{2}$; ν — кинематический коэффициент вязкости.

Пример 7. Определить уклон гибкого трубопровода (i), если известны: $Q_{пол} = 0{,}050$ м³/сек; диаметр $d = 0{,}25$ м; $\nu = 0{,}000001$.

Решение: 1) Определяем скорость воды в начальном сечении трубопровода при средней поливной струе:

$$V_1 = \frac{Q_{пол}}{0{,}785d^2} = \frac{0{,}050}{0{,}785 \times 0{,}25^2} = 1{,}02 \text{ м/сек}$$

2) Определяем скорость движения воды в среднем сечении трубопровода:

$$V_{сред} = \frac{V_1}{2} = \frac{1{,}02}{2} = 0{,}51 \text{ м/сек}$$

3) Определяем число Рейнольдса

$$R_e = \frac{V_{ср} \cdot d}{\nu} \quad \frac{0{,}51 \times 0{,}25}{0{,}000001} = 127\,500$$

4) Определяем коэффициент сопротивления для гладкой трубы:

$$\lambda_{гл} = \frac{0{,}25}{R_e^{0{,}226}} = \frac{0{,}25}{127\,500^{0{,}226}} = 0{,}0176$$

[1] Число Рейнольдса — критерий перехода от турбулентного движения к ламинарному и от ламинарного к турбулентному $R_e = \frac{lv}{\nu}$ или $Re = \frac{vd}{\nu}$, где ν — кинематический коэффициент вязкости.

Поскольку наша гибкая труба (шланг) стабилизирована крупнозернистой печной сажей, полученное значение $\lambda_{гл}$ увеличиваем в три раза:

$$\lambda = 3\lambda_{гл} = 3 \times 0{,}0176 = 0{,}0528.$$

Подставляя значения v, d, λ, l в формулу (29), получим искомый нами уклон:

$$i = \frac{1{,}02^2}{2 \times 9{,}81}\left(\frac{0{,}0528}{3 \times 0{,}25} - \frac{1}{200}\right) = 0{,}0034.$$

Если уклон известен, а длина трубопровода неизвестна, то ее можно найти, пользуясь той же формулой (29).

Для того чтобы завершить расчет гибкого трубопровода, пользуясь формулой (33), определим диаметры (d_o) поливных отверстий, через которые поступает вода из гибкого трубопровода в поливные борозды:

$$d_0 = \sqrt{\frac{q_{борозды}}{3{,}48\mu\sqrt{h}}} \qquad (33),$$

где

$q_б$ — расход воды, поступающей в борозду, м³/сек;

μ — коэффициент расхода;

h — действующий пьезометрический напор над центрами отверстий при средней поливной струе, м; он равен $h = 2{,}8d$.

Пример 8. Определить диаметры поливных отверстий в полиэтиленовом шланге при известных величинах: средняя поливная струя, вытекающая из отверстий 1,5 л/сек; коэффициент расхода $\mu = 0{,}60$ и действующий пьезометрический напор равен: $h = 2{,}8d = 2{,}8 \times 0{,}25 = 0{,}7$ м

Решение: Подставляя известные величины в формулу (33), получим:

$$d_0 = \sqrt{\frac{0{,}00015}{3{,}48 \times 0{,}6\sqrt{0{,}7}}} = 0{,}0093 \text{ м, или } 9{,}3 \text{ мм}$$

Поливальщик шланговый навесной ПШН-165. Опытная партия ПШН-165 конструкции ГСКБ по ирригации была изготовлена заводом Андижанирмаш в 1963—1964 гг. и испытана в 1964—1965 гг.

ПШН-165 предназначен для механизации полива по бороздам, пропашных культур, в основном хлопчатника, с помощью гибких капроновых шлангов на землях ста-

рого орошения с неинженерной оросительной сетью с незначительными уклонами местности по направлению полива, где трудно создать необходимый напор в оросителях.

ПШН-165 навешивается на пропашной трактор хлопковой модификации (ДТ-24—3В, Т-28Х3). Машина производит раскладывание и уборку транспортирующих и намотку поливных шлангов.

Подача воды в систему шлангов осуществляется навешенным на трактор осевым насосом. Насос имеет всасывающий трубопровод с клапаном. Вода забирается из участкового распределителя или лотка.

Для заправки насоса на выхлопной трубе трактора установлен газоструйный эжектор. В период полива машина выполняет роль навесной насосной станции.

Техническая характеристика машины: расход воды — 165 л/сек, напор при поливе — 5 м водяного столба, одновременно обслуживает площадь 10 га, производительность при норме 700 м³/га — 0,85 га/час.

Экономическая эффективность при поливе хлопчатника составляет 40—45 руб/га, затраты труда на 1 га — 4,5 чел/час, количество обслуживающего персонала — два человека.

Транспортирующий шланг имеет размеры — 350 мм × × 0,8 мм × 700 м; поливной шланг — 200 мм × 0,45 мм × 500 м. Вес без трактора — 2060 кг, с трактором — 4480 кг.

Поливной агрегат навесной ПАН-165. Эта машина также спроектирована ГСКБ по ирригации Средазирсовхозстроя в 1965 г. Агрегат предназначен для механизации вегетационных, влагозарядных и промывных поливов хлопчатника и других пропашных культур по бороздам. Вода подается из гибкого капронового мелиоративного рукава с подкачкой воды насосом, механизированной раскладкой и сбором рукава способом «гармошкой» без заезда агрегата на поле после полива.

Агрегат ПАН-165 навешивается на трактор Т-28Х3, состоит он из следующих основных узлов:

1) линии нагнетания с подвесной системой тросов;
2) мачты с направляющими для подвесок рукавами;
3) насоса 08-25Г с приводом от вала отбора мощности трактора;
4) лебедок с приводом;

5) тележки с колонкой.

Подача воды в мелиоративный рукав осуществляется навешенным на трактор насосом 08-25Г, имеющим всасывающий рукав с фильтром и питающимся из канала, расположенного в конце поливного участка.

Для заполнения водой насоса и линии всасывания на выхлопной трубе трактора установлен газоструйный вакуум-аппарат.

После полива мелиоративный рукав (капроновый гибкий трубопровод) с помощью подвесной системы тросов, лебедок и телескопической колонны поднимается над землей в подвешенном состоянии, послойно складывается на направляющих для подвесок рукава. Телескопическая колонна, установленная на тележке, является промежуточной опорой при подъеме рукава.

Техническая характеристика ПАН-165: расход воды — 165 л/сек, напор (манометрический) — 4,5 м, база навески — трактор Т-28Х3, вес навесного оборудования — 1600 кг, вес с трактором и тележкой — 4640 кг, расчетная производительность (при норме полива 1000 м^3/га) — 10 га/сутки, количество обслуживающего персонала — два человека, ширина захвата — 400 м, поливной трубопровод капроновый диаметром 350 мм, толщиной стенки 0,5 мм, длиной 420 м, стоимость с трактором и трубопроводом — 4914 руб., затраты труда на 1 га полива — 4,4 чел/час.

Поливной передвижной агрегат ППА-165 [11] конструкции ГСКБ по ирригации Средазирсовхозстроя перспективен на вновь осваиваемых землях с инженерной оросительной сетью, в условиях сложного рельефа участков при отсутствии командования оросительной сети над поливными участками.

ППА-165, предназначенный для бороздкового полива хлопчатника и других культур, с помощью гибкого мелиоративного рукава также навешивается на трактор Т-28Х3. В агрегат входят насосная станция и прицепная тележка для шлангов ТШП-400.

Раскладка и сборка поливных трубопроводов осуществляются тележкой ТШП-400, а на переувлажненных участках — с помощью лебедки с тросом. Машину обслуживают два человека.

ППА-165 является усовершенствованной машиной ПШН-165, с нее заимствованы: насос с приводом, всасы-

вающая линия с механизмом подъема, нагнетательная линия и газоструйный вакуум-аппарат.

Преимущество ППА-165 заключается в том, что при недостаточных напорах в оросительной сети можно использовать его для подъема и подачи воды в гибкий трубопровод и открытую оросительную сеть (временный ороситель).

ППА-165 может подавать воду на расстояние более 400 м. На широкорядных посевах при длине борозд около 300 м создается возможность одновременно поливать 12 га, что позволяет повысить производительность на поливе примерно в два раза.

При использовании ППА-165 сокращается потребность в поливных трубопроводах до 10 м/га против 20 м/га при ручной сборке и раскладке их [11].

Конструкторы ГСКБ по ирригации Средазирсовхозстроя ведут работу над усовершенствованием и удешевлением машин по механизации полива по бороздам.

ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИВНЫХ УЧАСТКОВ

Планировка улучшает технику полива, работу сельскохозяйственных машин, уменьшает потери оросительной воды на полях, объемы земляных работ по нарезке и заравниванию временной оросительной сети.

Потери воды на полях орошения особенно опасны в период освоения новых земель в отношении подъема уровня грунтовых вод — ухудшения мелиоративного состояния территории.

Неспланированность полей в старой зоне орошения Голодной степи увеличивает оросительную норму на 22—24% (совхоз «Пахтаарал»), а в новой зоне орошения Голодной степи — на 35%.

На неспланированных полях Голодной степи засоленные пятна составляют 15—30% орошаемой площади, что снижает урожайность хлопчатника за счет изреженности всходов. Эти факторы делают планировку неотъемлемой частью орошения, освоения новых земель и сельскохозяйственного водопользования на староорошаемых землях.

Планировка так же, как промывка засоленных земель, бывает двух видов: 1) эксплуатационная (теку-

щая), применяемая ежегодно в качестве подготовки полей после пахоты к севу, поливу и обработкам; 2) капитальная планировка, применяемая при орошении, освоении новых (целинных) земель. Этот вид планировки вхо-

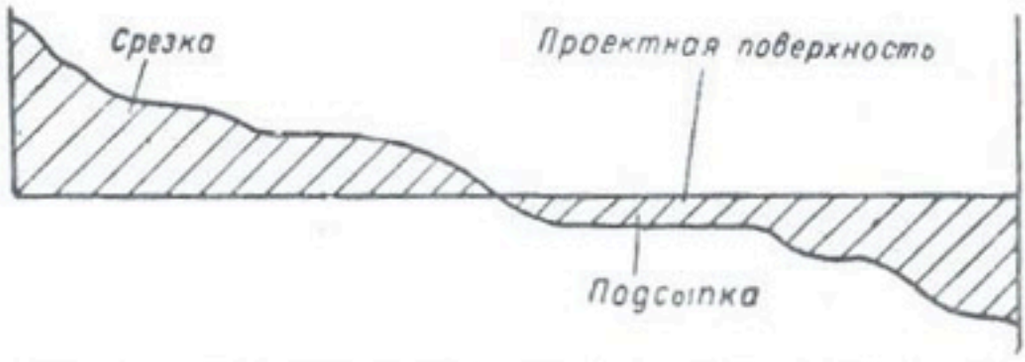
Таблица 23

Влияние планировки поверхности поливных участков на поливные нормы и урожайность сельскохозяйственных культур

Место исследования	Культура	Урожайность, ц/га		Урожай на спланированных полях, % к урожаю на неспланированных	Поливные нормы, м³/га	
		до планировки	после планировки		до планировки	после планировки
Совхоз «Пахтаарал», УзССР	Хлопчатник	8,8	23,2	264	2400	1000—1500
Центральная опытно-мелиоративная станция СоюзНИХИ, УзССР	Хлопчатник	6,8	24—32	530	3000	1000—1500
Ширванская зональная станция СоюзНИХИ, АзССР	Хлопчатник	19	25—30	158	2200	1300
Совхозы Краснодарского края	Рис	22—24	33—37	168	—	—
Колхоз «Волна революции» Елшанской системы Оренбургской области	Просо	29,7	35,3	119	—	—
Колхоз «Кзыл Октябрь» бывш. Чиназского района УзССР	—	—	—	—	1700	1050
Колхоз им. Дзержинского: участок № 103	—	—	—	—	1780	1090
участок № 24	—	—	—	—	1710	1015
Совхоз «Фархад» М-2: неспланированный участок	—	—	—	—	2040	—
спланированный участок	—	—	—	—	—	1150

дит в проект орошения и освоения данного массива. Капитальная планировка применяется при переустройстве старых ирригационных систем в связи с укрупнением поливных участков, ликвидацией межников, засыпкой ненужных зауров, ненужных оросителей, срезкой бугров, засыпкой ям и понижений.

В общем объеме строительных работ по освоению новых земель планировочные работы наиболее трудоемки и могут составлять до 35% стоимости всего объема.



Р и с. 7. Планировка под горизонтальную поверхность.

Удельные объемы планировочных работ различны не только в республиках, но и в смежных районах и объектах освоения из-за разного рельефа и метода планировки.

Положительное влияние планировки на урожайность сельскохозяйственных культур и поливные нормы (по материалам различных авторов) приведены в табл. 23 [8].

Существует три основных типа проектной поверхности поливного участка:

1) под горизонтальную плоскость (рис. 7) для орошения риса и проведения промывных поливов;

2) под наклонную поверхность с продольными уклонами от 0,002 до 0,010 при поливе сельскохозяйственных культур по бороздам и с уклонами от 0,010 до 0,017 при поливе напуском по полосам. При наклонной плоскости проектируемый уклон приближается к существующему уклону поверхности;

3) под топографическую поверхность, при которой форма поверхности земли максимально сохраняется, исправляются лишь те недостатки ее, которые мешают правильному поливу запроектированным способом.

От метода проектирования зависят объем работ, легкость переноса проекта в натуру, условия производства работ и контроля. Установление общего объема планировочных работ осуществляется при помощи нескольких типичных для данного массива схем планировки. Типичность определяется по характеру рельефа, микрорельефа, общего уклона местности и по требованиям, предъявляемым к технике полива.

Типичные участки выбирают по плану в масштабе 1 : 10 000, а затем в зависимости от сложности рельефа составляют их план в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000 с нанесением горизонталей через 0,1—0,2 м. По этим планам составляют рабочие схемы планировки поливных участков.

На основе рабочих схем устанавливают удельные объемы и стоимость единицы работ ($м^3$) для всего массива орошения и подбирают нужные машины для производства планировочных работ.

Методы планировки поверхности для полива

Н. П. Самсонова предложила метод, основанный на балансе земляных работ по поперечникам, перпендикулярным направлению полива. При этом методе проектирование планируемой поверхности ведется в пределах площадей, ограниченных трассами временных оросителей.

С. М. Кривовяз предложил метод планировки, основанный на спрямлении горизонталей существующей поверхности поливного участка в соответствии с требованиями техники полива данной культуры. В. Н. Мартенсон рекомендовал проектирование планировки вести по площадкам между временными оросителями и ок-арыками. А. Н. Ляпин предложил метод планировки под линейчатую поверхность — только по длине отдельных поливных борозд или полос. Х. К. Газиев для упрощения предлагал при планировке исходить из баланса половины и части полос между временными оросителями. Сотрудники Узгипроводхоза (В. Я. Алещенко, Н. Г. Цитович и др.), проанализировав существующие методы составления рабочих схем и рабочих планов планировок, пришли к заключению, что основной недостаток вышеприведенных методов кроется в невозможности осущест-

вления в натуре принятых проектами бессистемных схем движения механизмов; невозможность переноса проектов в натуру вследствие их сложности вынуждает вести планировку визуально вне связи с рабочими схемами. Составляемые проекты планировок используются лишь как документы для финансирования и оплаты работ.

Поиски удовлетворительного метода, позволяющего переносить данные проекта планировки в натуру и контролировать производство работ, увенчались успехом.

Способ планировки по продольным полосам, применяемый в США, оказался наиболее перспективным для наших условий. При дальнейшем изучении вопроса было установлено, что способ планировки по продольным полосам был разработан еще в 1935 г. Сазводпроизом в проекте переустройства Исфаринской оросительной системы (инженер И. К. Ершов).

Метод планировки по продольным полосам опубликован в специальной инструкции Узгипроводхоза и нами изложен в учебнике «Сугориш мелиорацияси» [2].

Метод спрямления горизонталей. Для того, чтобы составить схему планировки и определить объемы земляных работ относительно простым методом — спрямление горизонталей, на план поливного участка существующей поверхности наносят проектные горизонтали, по которым интерполяцией определяют проектные отметки центров элементарных площадок (квадратов). Одновременно на план наносят временные оросители и выводные борозды (ок-арыки).

На плане типового поливного участка масштаба 1 : 1000 или 1 : 2000 спрямляют горизонтали, ликвидировав при этом все неровности рельефа, мешающие проведению нормальных поливов. Между удаленными (относительно) друг от друга горизонталями проводят промежуточные с таким расчетом, чтобы планируемый участок был покрыт изолиниями равномерно по всей площади не реже чем через 10—20 м. Далее участок разбивают продольными линиями через 10—20 м.

В точках пересечения продольных линий с изолиниями интерполяцией между существующими горизонталями определяют и вписывают на план отметки местности (выписывают только сотые метра). С точностью до 0,1 м вычисляется отметка нанесенных изолиний как средняя арифметическая величина из отметок местности по этой

изолинии. Полученные средние отметки изолиний просматривают в направлении полива сверху вниз.

Отметка последующей изолинии должна быть меньше предыдущей или в крайнем случае равна ей. При обнаружении обратных уклонов их ликвидируют взаимным изменением средних отметок изолиний так, чтобы был исправлен общий уклон участка без нарушения баланса срезки и подсыпки. При равенстве отметок на соседних изолиниях это условие исправляют изменением соседней отметки этих линий на одну и ту же величину с обратными знаками. Если же число отметок не одинаково, то их изменяют, соблюдая равенство:

$$\Sigma h_0 \cdot n_0 = \Sigma h_1 \cdot n_1 \qquad (34).$$

Исправленные средние отметки изолиний принимают за проектные и выписывают в графу 2 с точностью до 1 см.

Высоту срезки и глубину насыпи определяют (в см) вычитанием из проектных отметок изолиний отметок местности и выписывают с соответствующим знаком над отметками местности. Рабочие отметки суммируются и выписываются в соответствующие графы.

Разница между $\Sigma h_{ср}$ и $\Sigma h_н$ не должна превышать 5%. Если получится больше, то где-то в подсчете есть ошибка. Объем планировочных работ определяют по формуле:

$$v = \frac{v_{ср} + v_{нас}}{2} = \frac{\omega}{2n}(\Sigma h_{ср} + \Sigma h_{нас}) \qquad (35),$$

где

$v_{ср}$ — объем срезки; $v_{нас}$ — объем насыпи;

ω — площадь планируемого участка, га;

n — общее число отметок на нем;

$\Sigma h_{ср}$ — сумма высот по срезке;

$\Sigma h_{нас}$ — сумма глубины по насыпи.

МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ

В США различают следующие стадии планировки поверхности земли: 1) профилирование, 2) придание уклона, 3) выравнивание.

Первые две стадии планировки соответствуют капитальной строительной планировке и последняя — легкой.

Строительной планировке предшествует подготовка поверхности — глубокая вспашка, дискование поля и выравнивание поверхности волокушами. На подготовительных работах используют дисковые плуги, роторные рыхлители, волокуши, дисковые бороны и т. д. Планировку рекомендуется проводить в сухое время года.

В СССР принято места срезок рыхлить тракторными плугами без отвалов, стойковыми рыхлителями, чизель-культиваторами. Грунт перемещают колесными скреперами с различной емкостью ковша.

Скреперы не только срезают грунт, но и транспортируют его, укладывают, разравнивают и частично уплотняют колесами.

Наша промышленность выпускает скреперы с различной емкостью ковша от 1,5 до 15 м³, прицепные и самоходные. На планировочных работах применяют в основном скреперы с ковшами емкостью 2,25—8 м³.

Скрепер Д-183Б является прицепным к тракторам ДТ-54 или ДТ-54А двухосным механизмом с гидравлической системой управления на пневматических шинах. Скрепер имеет ковш емкостью 2,25 м³. Скреперы Д-354, Д-458 с четырьмя колесными скатами с гидравлической системой управления имеют емкость ковша 2,75 м³, длину 5600 мм, ширину — 2430 мм, высоту — 2400 мм. Скреперы Д-222А и Д-374 имеют емкость ковша соответственно 6,5 и 7—8 м³, работают на тяге тракторов С-80, С-100 с шириной захвата ковша 2590 мм.

Нашей промышленностью выпускаются бульдозеры: Д-159Б, Д-271, Д-259А, Д-494, смонтированные соответственно на тракторах: ДТ-54А, С-100 и С-100 ГП, с двигателями мощностью 54 и 100 л. с.

Грейдер — прицепная машина к трактору с ножом длиной 3—3,7 м, которая срезает грунт слоями до 30 см и перемещает его на короткие расстояния.

Грейдер применяется также для разравнивания отсыпанного грунта при окончательной отделке спланированного орошаемого поля. Он прицепляется к трактору С-80 или С-100.

Нашей промышленностью выпускаются грейдеры следующих марок: Д-241, Д-20Б и самоходный грейдер Д-144.

Планировщики применяются для автоматической планировки орошаемых земель. Конструкция планировщи-

Строительной планировке предшествует подготовка поверхности — глубокая вспашка, дискование поля и выравнивание поверхности волокушами. На подготовительных работах используют дисковые плуги, роторные рыхлители, волокуши, дисковые бороны и т. д. Планировку рекомендуется проводить в сухое время года.

В СССР принято места срезок рыхлить тракторными плугами без отвалов, стойковыми рыхлителями, чизель-культиваторами. Грунт перемещают колесными скреперами с различной емкостью ковша.

Скреперы не только срезают грунт, но и транспортируют его, укладывают, разравнивают и частично уплотняют колесами.

Наша промышленность выпускает скреперы с различной емкостью ковша от 1,5 до 15 м³, прицепные и самоходные. На планировочных работах применяют в основном скреперы с ковшами емкостью 2,25—8 м³.

Скрепер Д-183Б является прицепным к тракторам ДТ-54 или ДТ-54А двухосным механизмом с гидравлической системой управления на пневматических шинах. Скрепер имеет ковш емкостью 2,25 м³. Скреперы Д-354, Д-458 с четырьмя колесными скатами с гидравлической системой управления имеют емкость ковша 2,75 м³, длину 5600 мм, ширину — 2430 мм, высоту — 2400 мм. Скреперы Д-222А и Д-374 имеют емкость ковша соответственно 6,5 и 7—8 м³, работают на тяге тракторов С-80, С-100 с шириной захвата ковша 2590 мм.

Нашей промышленностью выпускаются бульдозеры: Д-159Б, Д-271, Д-259А, Д-494, смонтированные соответственно на тракторах: ДТ-54А, С-100 и С-100 ГП, с двигателями мощностью 54 и 100 л. с.

Грейдер — прицепная машина к трактору с ножом длиной 3—3,7 м, которая срезает грунт слоями до 30 см и перемещает его на короткие расстояния.

Грейдер применяется также для разравнивания отсыпанного грунта при окончательной отделке спланированного орошаемого поля. Он прицепляется к трактору С-80 или С-100.

Нашей промышленностью выпускаются грейдеры следующих марок: Д-241, Д-20Б и самоходный грейдер Д-144.

Планировщики применяются для автоматической планировки орошаемых земель. Конструкция планировщи-

ков позволяет в несколько проходов по полю выравнивать микрорельеф, срезать небольшие возвышения (до 20 см) и перемещать срезанный грунт в пониженные участки поля. Планировщики применяются для окончательного выравнивания спланированных полей после работы скреперов и бульдозеров.

В настоящее время выпускаются прицепные и полунавесные длиннобазовые планировщики. К прицепным планировщикам относятся: ПТ-4А, П-4, П-4А, П-28. Для них характерна большая длина колесной базы, равная 15 м (расстояние между осями передних и задних колес) и состоят они из несущей металлической рамы, колесного хода, механизма управления и рабочего органа, которым является бездонный ковш.

Недостатки длиннобазовых планировщиков — большой радиус при разворотах, возможное переполнение ковша и забивание грунта под раму. Производительность длиннобазовых планировщиков за смену при одном проходе составляет 10—12 га. Среди полунавесных длиннобазовых планировщиков наиболее распространен ПДН-10.

Планировщик П-2,8 — длиннобазовый, рассчитан на работу с трактором ДТ-54А с раздельно-агрегатной гидросистемой. Он применяется для выравнивания микрорельефа шириной до 30 м и высотой до 0,20 м. Он может быть применен в комплексе со скреперами на капитальной (строительной) планировке для устранения более крупных неровностей микрорельефа.

Глава III

НОВАЯ ТЕХНИКА ОРОШЕНИЯ

ОРОШЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ

Дождевание — способ орошения, при котором вода под действием напора, естественно или создаваемого искусственно с помощью насоса, разбрызгивается над поверхностью орошаемых полей.

Дождевание в сравнении с самотечным поверхностным орошением имеет преимущества:

1. При дождевании производительность на поливе благодаря его механизации увеличивается в несколько раз в зависимости от типа дождевального агрегата.

2. Дождевание увеличивает урожайность от 3 до 5 ц/га благодаря более интенсивному процессу нитрификации в почве, бесперебойному снабжению растений азотным питанием, улучшению их питания фосфором (И. И. Плюснин, А. П. Сушкевич), питанию растений на 25% через листья (Н. А. Максимов).

Урожайность хлопчатника повышается также благодаря гидроаэроионизации или баллоэлектрическому эффекту (Е. А. Чернявский, П. Н. Тверской).

По исследованиям П. П. Москальцова, повышению урожайности хлопчатника при дождевании способствуют еще атмосферное электричество, геофизические основы электроионокультуры, влияющие на окислительно-восстановительные процессы в организмах, находящихся в почве и приземном слое атмосферы.

3. При дождевании не требуется устройства густой оросительной сети, что значительно снижает затраты труда на полив.

4. Равномерное увлажнение в меньшей степени зависит от рельефа местности.

5. Уменьшает расход оросительной воды (до 50%); поливные нормы в пределах 200—600 м³/га.

6. Дождевание полностью исключает глубинные утечки воды, способствует хорошему мелиоративному состоянию орошаемой территории.

7. Позволяет вести полив заданными (плановыми) поливными нормами.

8. Одновременно с дождеванием можно эффективнее использовать минеральные удобрения (внекорневое питание) и вести борьбу с вредителями и сорняками.

В последние годы дождевание получило большое распространение в США. Если площадь дождевания в 1950 г. составляла 92 599 га, то в 1965 г. она достигла 2481 тыс. га [25].

В Калифорнии дождеванием орошают хлопчатник, виноградники, фруктовые сады, в штате Вашингтон — зерновые культуры, фруктовые сады, во Флориде — цитрусовые плантации, в штате Мэн — картофельные поля, в Южных штатах — пастбища и т. д. [25].

В США считают, что дождевание незаменимо на песчаных и каменистых хорошо водопроницаемых, а также на маломощных, подстилаемых галечниковыми отложениями почвах, на которых нецелесообразно проводить планировку.

В США дождевание широко применяется на землях с близко расположенными грунтовыми водами, с резко выраженным микрорельефом или с большими уклонами местности в сочетании с легкоразмываемыми или слабоводопроницаемыми почвами и на системах, где водные ресурсы ограничены и дешевая электроэнергия. Дождевание практикуется даже в условиях пустыни, на вновь орошаемых землях [25].

В США преимущественное распространение получили среднеструйные дождевальные аппараты, устанавливаемые на разборных трубопроводах; в районах широкого развития дождевания (в гумидной зоне) около 80% земель орошается дождеванием из переносных и передвижных установок и около 10% — из стационарных трубопроводов. Остальные 10% поливаются самотечным орошением [25].

В полуаридных штатах в настоящее время около 15% дождевальных систем составляют передвижные с механическим приводом и 23% — перемещаемые вручную; остальные системы переносные и стационарные [25].

К 1965 г. полив дождеванием был доведен до 11—12%. В этом направлении большие сдвиги имеются в РСФСР и на Украине. А в Узбекистане орошение дождеванием применяется в некоторых хлопководческих совхозах и на опытных станциях Голодной степи (совхоз «Пахтаарал», Центральная опытно-мелиоративная станция СоюзНИХИ и др.). В 1967 г. в СССР работала 31 тыс. дождевальных машин и установок, которыми орошалось более 1 млн. га посевов сельскохозяйственных культур.

В совхозе «Пахтаарал» более десяти лет вся площадь, занятая под хлопчатником, орошается дождевальными агрегатами ДДА-100М. Совхоз благодаря дождеванию в сравнении с самотечным орошением ежегодно экономит около 20 тыс. трудодней и около 13,5 млн. $м^3$ оросительной воды при урожайности хлопчатника 30—35 ц/га. В опытах П. П. Москальцова на ЦОМСе «Золотая орда» поливы дождеванием обеспечили сокращение оросительных норм в 2,3—3,0 раза и повысили урожайность в сравнении с поливами по бороздам от 3,8 до 9,5 ц/га.

Поливы являются весьма слабо механизированным участком сельскохозяйственного производства, особенно в хлопководстве. В Узбекистане на поливах хлопчатника ежегодно работают 150 тыс. поливальщиков при затрате около 15 млн. трудодней. На наш взгляд, отставание механизации полива, в частности развития орошения дождеванием, объясняется: 1) отсутствием необходимого выбора дождевальной техники для разных природно-климатических и хозяйственных условий; 2) отсутствием пропаганды сельскохозяйственных знаний, ежегодного обсуждения итогов внедрения новой техники орошения на съездах водопользователей с участием конструкторов и сотрудников научно-исследовательских, учебных институтов, Всесоюзного объединения «Сельхозтехники» и др.

С каждым годом новая дождевальная техника все больше применяется в орошаемом земледелии, но темпы внедрения дождевальной техники оставляют желать много лучшего.

Приведем краткое описание некоторых дождевальных машин и установок отечественного производства, получивших распространение в орошаемом земледелии ряда районов.

Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100М. Конструкция этого агрегата разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ВНИИГИМ) в 1936 г. (инженер М. С. Яншин). В последующие годы агрегат был значительно усовершенствован. Он состоит из двухконсольной фермы длиной 110 м, установленной на тракторе ДТ-54, насосной установки и гидравлической системы для управления наклоном фермы (рис. 8). Машина работает в дви-

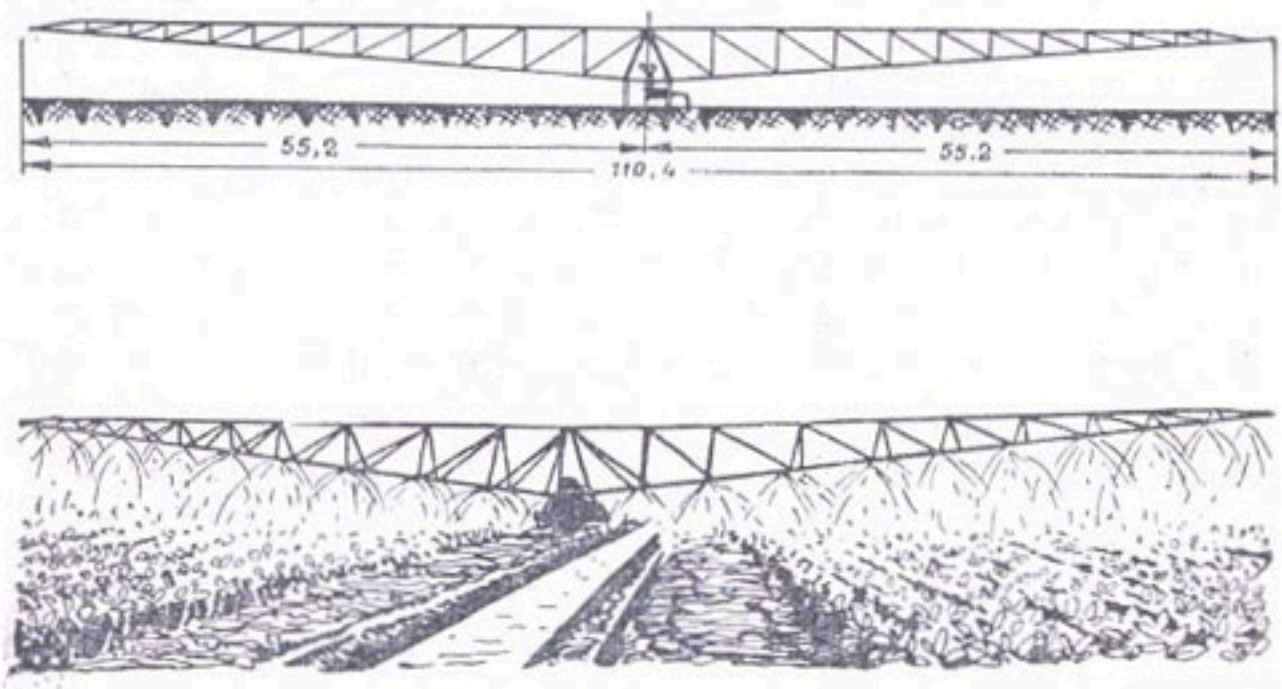


Рис. 8. Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100М.

жении с забором воды из временного оросителя, в котором наполнение не должно быть меньше 50 см. Расход воды, забираемой агрегатом,— 100 л/сек. При напоре 26 м действительная интенсивность дождя — 2,4 мм/мин. Средний слой дождя за один проход — 7,5 мм, или 75 м³/га. Скорость передвижения агрегата вперед — 360 и назад — 565 м/час. Средняя производительность агрегата за один час непрерывной работы при поливной норме 300 м³/га составляет 0,85 га. Агрегат обслуживают два человека — тракторист и регулировщик подачи воды к агрегату по временному оросителю. Временный ороситель лучше устраивать в выемке, так как нет надобности в командном горизонте.

ДДА-100М поливает участками длиной 100—500 м. Количество проходок устанавливается заданной поливной нормой. За оросительный сезон машина может полить до 200 га. Коэффициент использования агрегата во времени 0,7—0,8 при отсутствии холостых переездов. Временные оросители, из которых машина забирает воду для полива, должны быть строго параллельными между собой на расстоянии 120 м друг от друга с уклонами, не превышающими 0,003—0,004. При таких уклонах агрегат может работать на бьефах длиной 200—300 м.

Короткоструйная дождевальная установка КДУ-55 обслуживает за сезон 30—40 га при расходе воды 25 л/сек и напоре у гидранта 20—25 м; средняя интенсивность дождя — 0,8 мм/мин, вес установки — 1145 кг, коэффициент использования рабочего времени — 0,8, производительность установки в час при норме полива 300 м³/га — 0,30 га, установку обслуживают два человека; площадь, поливаемая одним дождевальным крылом,— 1800 м² [9].

КДУ-55 — разборный переносный трубопровод, на котором смонтированы стойки с разбрызгивающими насадками. Трубопровод состоит из отдельных пятиметровых алюминиевых труб. После подачи требуемого слоя осадков установка разбирается и переносится на новую позицию.

Комплект установки состоит из 59 труб общей протяженностью 295 м, из которых двое рабочих собирают дождевальные крылья длиной по 120 м и вспомогательный трубопровод длиной 55 м [9].

Трубы между собой соединяют специальными быстроразъемными муфтами с самоуплотняющимися резиновыми манжетами. К муфтам приварены ножки высотой 0,5 м, которые служат опорами трубопровода [9].

Муфты бывают двух типов: рабочие и проходные. В верхней части рабочей муфты имеется нарезное отверстие, куда ввертывается стойка с дождевальной насадкой (разбрызгивателем).

Дождевальная насадка с конусным распылителем, представляющая собой наконечник с калиброванным отверстием диаметром 14 мм, показана на рис. 9. В дождевальной установке имеется 24 насадки, по 12 насадок в рабочем крыле.

Кроме трубопровода, соединительных муфт и насадок, в комплект КДУ-55 входят:

1) два тройника для присоединения дождевальной установки к гидранту-водовыпуску на напорном трубопроводе;

2) два поворотных колена для соединения вспомогательного трубопровода с рабочими крыльями установки;

3) четыре концевых заглушки.

В КДУ-55 воду подают либо из стационарных напорных трубопроводов, либо из открытой оросительной сети. В том и другом случаях для обеспечения нормальной работы установки — создания необходимого напора — нужна насосная станция. Причем для подачи воды из источника орошения по напорному трубопроводу строится стационарная насосная станция, а для подачи воды в установку из открытых каналов пользуются передвижной насосной станцией.

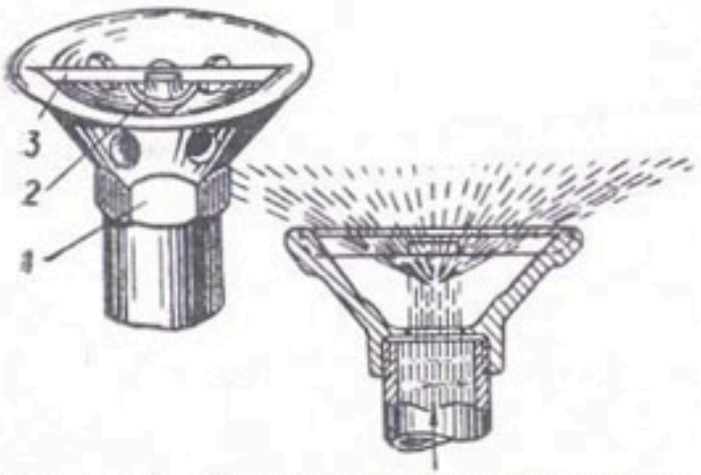


Рис. 9. Дождевальная насадка в установке КДУ:

1 — корпус с защитной воронкой; *2* — конус дефлектора; *3* — перекладина.

Во всех схемах расположения оросительной сети рабочие трубопроводы или открытые каналы размещают на расстоянии 240 м один от другого, чтобы это расстояние было кратно длине рабочего крыла дождевальной установки. Гидранты-водовыпуски на рабочих трубопроводах расположены на расстоянии 120 м друг от друга. Поэтому дождевальная установка может поливать в каждую сторону от гидранта полосу в 60 м [9].

При работе КДУ-55 крылья могут быть расположены (с перестановкой их с одной позиции на другую) по двум схемам.

При двусторонней схеме (рис. 10) рабочие крылья КДУ располагают по обе стороны от постоянного трубопровода или канала. Крылья включают в полив поочередно. Когда работает первое крыло, второе подготавливают к работе. При включении в полив второго кры-

Р и с. 10. Двусторонняя схема расположения крыльев при поливе установкой КДУ:

1 — стационарный трубопровод; *2* — гидрант; *3* — вспомогательный трубопровод; *4* — первое действующее крыло; *5* — заглушка; *6* — второе подготовляемое крыло; *7* — рабочая труба с насадкой; *8* — проходная труба.

ла первое разбирают и переносят на следующую позицию на расстоянии 10 м [9].

При односторонней схеме оба крыла устанавливают по одну сторону от трубопровода (рис. 11) или канала. Первое крыло устанавливают с края поливного участка, второе — через 20 м от него. В дальнейшем второе крыло перемещают через каждые 20 м, оставляя непо-



Рис. 11. Короткоструйная дождевальная установка КДУ-55М в работе.

литой полосу в 10 м для первого. Такая перестановка не препятствует переносу крыла на первую позицию [9].

В табл. 24 приведены данные (К. К. Битюкова и П. К. Дорожко) по производительности КДУ-55 в зависимости от поливной нормы при коэффициенте рабочего времени 0,8.

КДУ-55 в 1958 г. была модернизирована и получила название КДУ-55М. При модернизации дождевальные

Таблица 24

Производительность КДУ-55 в зависимости от поливных норм

Поливная норма, $м^3/га$	Время стоянки на одной позиции мин.	Производительность, га	
		за 8 час	за 10 час
100	8	5	7
150	15	4	5
200	20	3	3,5
300	30	2	2,5
400	40	1,5	1,75

крылья были удлинены со 120 м до 150 м, за счет этого увеличилось количество насадок на крыле с 12 до 15. Самое главное, в КДУ-55 не было специальных узлов для переключения дождевальных крыльев, из-за чего при каждом переключении крыла приходилось останавливать насосный агрегат и прерывать подачу воды на полив, что снижало производительность установки.

В модернизированной установке имеется шесть переносных гидрантов-переключателей, позволяющих ей работать бесперебойно в течение 8—10 часов (смена).

Кроме того, в КДУ-55М предусмотрено секторное дождевание по одну сторону от трубопровода, обеспечивающее переноску звеньев установки по сухой почве.

Благодаря простоте и надежности в эксплуатации КДУ-55М, несмотря на малую производительность, нашла широкое применение при поливе овощных и технических культур.

Дальнеструйная дождевальная машина ДДН-45 (конструкция ВИСХОМ) представляет собой более усовершенствованную навесную модель прицепных дождевателей ДДП-30С и ДН-45. Машину навешивают либо на трактор ДТ-54А, либо на трактор ДТ-70, она работает позиционно с приводом от вала отбора мощности трактора двумя способами: с круговым вращением дождевального аппарата и с вращением по сектору.

Машина оборудована подкормщиком для внесения одновременно с поливом минеральных удобрений.

ДДН-45 предназначена для полива овощных и технических культур, садов, виноградников. Машина с помощью насоса забирает воду из временных оросителей, расположенных на расстоянии 80—90 м друг от друга.

Техническая характеристика ДДН-45

Расход воды, л/сек	32—33
Напор насоса, м	58,0
Средний радиус полива, м	60,0
Площадь полива с одной позиции, га	1,0
Площадь обслуживания за сезон до	60—70 га
Диаметр насадки большого ствола, мм	36,0
Диаметр насадки малого ствола, мм	14,0
Производительность в час при норме полива 300 м³/га	0,36 га
Число оборотов аппарата в минуту	0,143
Средний слой осадков в минуту, мм	0,18
Средний диаметр капель, мм	1,0
Вес машины (без трактора)	0,6 т

На участках, пересеченных линиями электропередач, применять ДДН-45 нельзя, так как возможен электрический разряд через водную струю.

Качество дождя зависит от его интенсивности и диаметра капель. Интенсивность дождя подбирается по механическому составу почвы:

при тяжелых почвах	0,1—0,2 мм/мин
при средних почвах	0,2—0,3 мм/мин
при легких почвах	0,5—0,8 мм/мин

Оптимальная (наилучшая) интенсивность дождя — 0,10—0,15 мм/мин при диаметре капель 0,5—1,5 мм. Следовательно, дождевальные машины, выпускаемые в дальнейшем нашей промышленностью, должны быть с переменной интенсивностью, соответствующей или близкой коэффициенту впитывания почвы во избежание лужеобразования или стока с поверхности почвы.

При дождевании крупными каплями разрушается структура двух-трехсантиметрового слоя почвы, происходит заплывание почвы, которое уменьшает пористость почвы, следовательно, и впитывание дождя в нее. После дождевания образуется корка.

Энергетика дождевания. Для разбрызгивания одного кубометра оросительной воды в дождь нужна затрата электроэнергии 0,103 ÷ 0,42 квт-ч. Потребность энергии или удельная мощность, требуемая для разбрызгивания в дождь 1 л/сек воды для КДУ,— 0,14÷0,24, для двухконсольных — 0,40 ÷ 0,70 и для дальнеструйных — 1,2 ÷ 2,3 л. с.

Мощность двигателя для одной подвижной установки колеблется в пределах 15—60 л. с.

Экономика дождевания разработана слабо. По данным Е. А. Лямина, А. С. Цамутали и Ю. В. Котова, при дождевании машиной ДДА-100М в совхозе «Пахтаарал» орошение 1 га хлопчатника за сезон обошлось в 28,8 руб., а по бороздам — 18,2 руб.

Затраты на получение одного кубометра оросительной воды составляют при дождевании 1,75 коп. и по бороздам — 0,75 коп. Однако относительно высокие урожаи и большой выход первых сортов хлопка-сырца дают хозяйству дополнительный доход до 24,4 руб/га.

По данным П. П. Москальцова, при дождевании дальнеструйной дождевальной машиной ДДП-30С на

Центральной опытно-мелиоративной станции (старая зона орошения Голодной степи) стоимость 1 га полива составила 12,59 руб. против 6,24 руб. при поливе по бороздам. И здесь дороговизна дождевания оправдывается повышением урожайности.

Сотрудники СоюзНИХИ, занимавшиеся изучением дождевания хлопчатника с 1961 г. в колхозе «Северный маяк» Среднечирчикского района Ташкентской области на луговых почвах с близкими (1,0—1,2 м) опресненными грунтовыми водами, получили очень хорошие результаты. В колхозе дождевание проводят машиной ДОН-100, которая мало отличается от ДДА-100М.

Достигнуто снижение затрат воды в 3—3,5 раза, повышение урожайности хлопчатника на 2,5—3,5 ц/га, а также лучшее и раннее созревание [20].

ЛОТКОВАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

Лотковая оросительная сеть широко применяется на землях нового орошения в Голодной степи в Узбекистане, в районе Каракумского канала в Туркменской ССР, в Грузии, Армении, на Украине и других республиках.

Освоение новых каналов-лотков было начато в Голодной степи в 1960 г., когда в совхозе № 6 было установлено 2 км лотков. Теперь протяженность построенных лотков-каналов измеряется тысячами километров.

На Украине изготовление лотков и строительство оросительных систем с лотковыми каналами практически начато в 1962 г.

Изготовляемые для Голодной степи лотки имеют шестиметровую длину и высоту 40, 60, 80, 100 см при параболической форме сечения, они рассчитаны на расход 120—1200 л/сек.

Расстояние между участковыми (лотковыми) распределителями делается равным длине гибкого транспортирующего трубопровода (400—500 м) при одностороннем и удваивается при двустороннем командовании. Длина участковых лотков-распределителей колеблется в пределах 1600—4000 м. Оптимальная длина не должна превышать 2500 м.

При расположении участковых лотков-распределителей стремятся к тому, чтобы каждый такой канал мог

орошать площадь одной полеводческой бригады (120—200 га).

Минимальным уклоном для лотков необходимо считать 0,0005. При меньших уклонах расход бетона на погонный метр лотка резко увеличивается. Кроме того, незначительная шероховатость в лотке, или незначительная ошибка при нивелировании в два-три раза сокращает проектную пропускную способность лотков.

В последние годы в Голодной степи осуществлен широкий переход от гладких лотков к раструбным, что

Таблица 25

Стоимость 1 м лотковой сети, руб. (1966 г.)

Лотки	Строительная стоимость 1 м лотка, руб.	
	лотки гладкие	лотки раструбные
ЛС-100	28,87	25,12
ЛС-80	15,01	13,59
ЛС-60	12,84	10,44
ЛС-40	9,34	8,44

позволяет снизить стоимость и трудоемкость работ по монтажу в среднем на 13,6%.

Благодаря совершенствованию монтажа конструкции лотковых сооружений из года в год уменьшаются затраты труда на один лоток (табл. 25). На установку одного лотка в 1962 г. затрачивалось 0,94 и в 1965 г.— 0,59 чел.-дня.

При гладких лотках применяются стоечные опоры, состоящие из фундамента стаканного типа, передающего нагрузку от лотка на основание. При использовании раструбных лотков применяются свайные опоры, сокращающие (в два-три раза) количество монтируемых элементов по сравнению со стоечными опорами.

Для элементов стоечных опор применяется бетон БГТ-200, а для свай — бетон марки БГТ-300. Для армирования опор применяется сталь марки 257-2С диаметром 6 мм и сталь 3 ГОСТ 2590-57 диаметром 6—8 мм.

С переходом на раструбные лотки в Голодной степи одновременно был решен вопрос с заделкой стыков на лотках. В центральной лаборатории Голодностепстроя было проведено испытание резино-битумных мастик

треста «Киевводстрой», мастики УМС-50, пасты инженера Карасюка, УГП-2 и пороизола [13].

Удачным оказалось применение пороизолового шнура, изготовляемого Чимкентским заводом резино-технических изделий. Пороизол — пористый материал с объемным весом 240—400 кг/м³. Основным сырьем для него являются резина, дистилляты-смягчители, порофоры (углекислый аммоний), вулканизирующее вещество (сера, тиурал) и креозотовое масло.

Пороизол применяется по принципу обжатия его соответственным весом лотка, имеет свойство обратимой деформативности, он эластичен при температуре от +80° до —50°.

Для лотков ЛР-40, 60, 80 применяется жгут треугольного, а для ЛР-100 — прямоугольного сечения.

Пороизол, изготовляемый на Чимкентском заводе на основе сырой резины стоимостью 1 кг 60 коп., отличается долговечностью по сравнению с пороизолом Московского завода, изготовляемым на основе отходов

Таблица 26

Технико-экономические показатели ненапряженных железобетонных параболических и полуциркульных лотков (13)
(длина звена 500 см)

Шифр блока лотков	Размеры			Вес звена лотка, кг	Расход материалов на 1 км канала		Пропускная способность лотка, м³/сек	Площадь живого сечения воды, м²
	глубина, см	ширина, см	площадь поперечного сечения, м²		бетон, м³	сталь, кг		
Гладкие параболические лотки Гипроводхоза								
ЛС-40	30	80	0,21	945	87	5 196	0,100	0,174
ЛС-60	40	98	0,39	1445	132	7 131	0,200	0,300
ЛС-80	80	113	0,60	1775	156	9 051	0,380	0,495
ЛС-100	100	167	1,12	2568	302	22 261	1,000	0,954
ЛС-120	120	183	1,46	2922	329	25 502	1,200	1,116
ЛС-140	140	198	1,85	3962	412	30 828	1,700	1,467
ЛС-160	160	212	2,26	4360	442	36 957	2,300	1,846
ЛС-180	180	224	2,69	4748	471	45 691	2,900	2,261
Раструбные параболические лотки Гипроводхоза								
ЛР-40	40	80	0,21	975	93	5 962	0,1	0,174
ЛР-60	60	98	0,39	1295	115	6 914	0,2	0,300
ЛР-80	80	113	0,60	1830	150	9 374	0,38	0,495
ЛР-100	100	167	1,12	2985	289	22 433	1,0	0,954

девулканизированной резины. Этот пороизол дешев — (1 кг — 20 коп.), но быстро стареет и теряет эластичность [13].

При лотковой сети поливы можно проводить по двум схемам:

1) продольная схема; поливные борозды параллельны участковому распределителю-лотку и направлены по наибольшему естественному уклону. Вода в поливные борозды подается гибкими шлангами из водовыпусков на лотках, расположенных на расстоянии, равном длине поливной борозды (100—400 м), в зависимости от уклона по направлению полива;

2) поперечная схема; поливные борозды нарезаны перпендикулярно участковому распределителю-лотку, вода подается из короткого шланга длиной 30—50 м, укладываемого вдоль распределителя. При этом по направлению полива уклона совсем нет или он недостаточен. В таких случаях необходимый поперечный уклон создается искусственно при совмещении этой работы с планировкой. Вода из лотка в шланги поступает при помощи переносного сифона из жесткого стабилизированного полиэтилена с расходом 30 л/сек, который можно установить в любой точке лоткового распределителя одновременно с переносной капроновой перемычкой (рис. 12).

При двусторонней схеме на 1 га приходится участковых распределителей в среднем 12,5, а при односторонней — 25 пог. м и подводящих лотков соответственно — 4 пог. м.

Конструкция переносного сифона для забора воды из лотков при уклоне менее критического детально отработана в гидротехнической лаборатории института Средазгипроводхлопка (инженеры: Р. Ф. Файзуллин, Ф. Ш. Мухаммеджанов, А. И. Падергин, 1963 г.). В результате лабораторных опытов были составлены типовые проекты переносных сифонов на расход в 30 и 60 л/сек и эти проекты в конце 1963 г. были введены в действие [15].

В табл. 27 приведена техническая характеристика сифонов.

Сифон представляет собой металлическое колено из листовой стали толщиной в 1 мм с углом 46° (рис. 13). В верхней части колена устроено воздуховодное отвер-

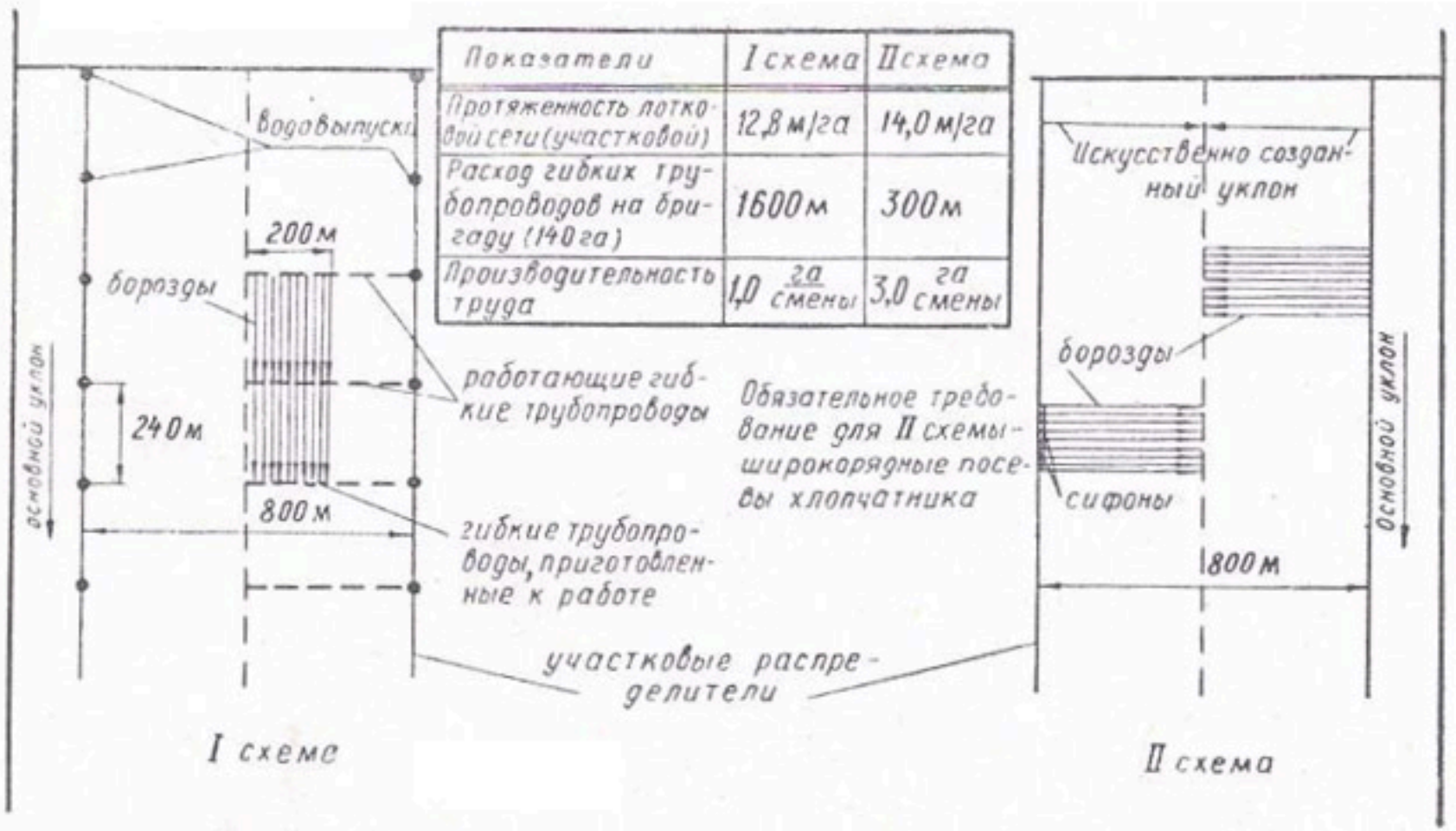


Рис. 12. Продольная и поперечная схема полива из лотковой сети.

Таблица 27

Техническая характеристика сифонов института Средазгипроводхлопок

	Сифон 30 СП ВІ	Сифон 60 СП ВІ
Расчетный расход, л/сек	30	60
Расчетный перепад горизонта воды, см	30	50
Диаметр трубы сифонов, мм	160	200
Длина входного патрубка (по оси), мм	430	485
Длина выходного патрубка, мм	546	710
Вес сифона, кг	8,5	11,2
Сметная стоимость, руб.	2,67	3,54

стие диаметром 40 мм с резиновой пробкой, через которое наливают воду в нижнюю ветвь сифона при зарядке и для разрядки сифонов. В нижней части колена находится винт для крепления сифона к лотку [15].

При подключении в работу сифона к нему ремнем (стяжкой) крепится гибкий трубопровод. Если вода, забираемая из лотка сифоном, подается в открытую сеть, то гибкий трубопровод должен иметь минимальную длину 0,6 м.

Зарядка и разрядка сифона производится общепринятым способом, каждая операция занимает около двух минут [15].



Рис. 13. Металлический сифон для забора воды из лотковых каналов.

В серию гидротехнических сооружений на лотковой сети входят водовыпуски в гибкие трубопроводы с вентильным затвором, типовые проекты которых были разработаны и введены в действие институтом Средазгипроводхлопок в 1963 г. Типовые проекты представлены в двух альбомах: ЛВЗ-63 «Лотки-водовыпуски в гибкие трубопроводы с вентильным затвором» и КЛ-63 «Кла-

Таблица 28

Технико-эхономические показатели лотков-водовыпусков

Шифр сооружения	Расход водовыпуска, л/сек	Металлоконструкции, кг	Сметная стоимость, руб.
ЛВЗ-40	100	115	69
ЛВЗ-60	100	175	104
ЛВЗ-80	100	205	122

панные затворы с ручным приводом для параболических лотков глубиной 40, 60, 80, 100 и 120 см».

Авторами этих конструкций являются инженеры: Р. Ф. Файзуллин и В. Ф. Поляков, которыми были учтены предложения работников Голодностепстроя Е. И. Озерского, В. А. Духовного, Э. Б. Поздняка, опыт проектирования и строительства аналогичных конструкций сооружений на лотковой сети Голодной степи [15].

Лотки-водовыпуски запроектированы двух типов:

1) из лотковых каналов глубиной 40 см с закладным патрубком в дне лотка и 2) из лотковых каналов глубиной 60, 80 см с боковой закладной рамкой.

Закладные патрубки или рамка установлены на пропуск расхода, не превышающего 100 л/сек.

Конструкция лотков-водовыпусков и их гидравлические показатели приведены на рис. 14 и 15, а их технико-экономические показатели приведены в табл. 28 [15].

Упрощенный расчет лотковой сети предложен инженером Ф. Ш. Мухаммеджановым [15].

Расчетная формула для определения пропускной способности лотка параболического сечения при $y = 1/6$:

$$Q = 1{,}225 \cdot \frac{P^{2/3}}{n} H^2 I^{1/2} = AH^2 I^{1/2} \qquad (36),$$

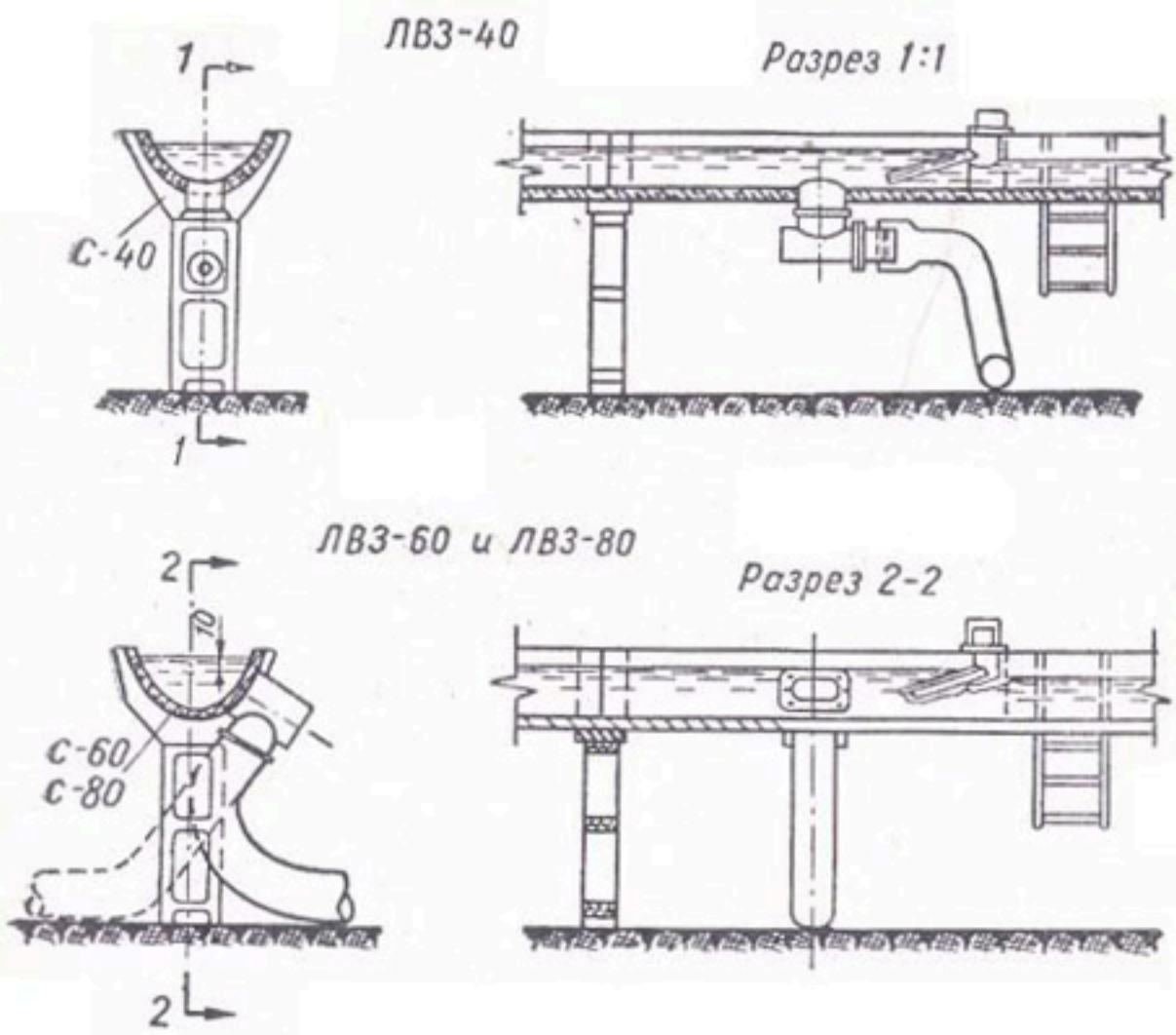


Рис. 14. Конструкция лотков-водовыпусков:
1 — поперечное сечение лотка ЛС-40; *2* — поперечное сечение лотков ЛС-60, ЛС-80.

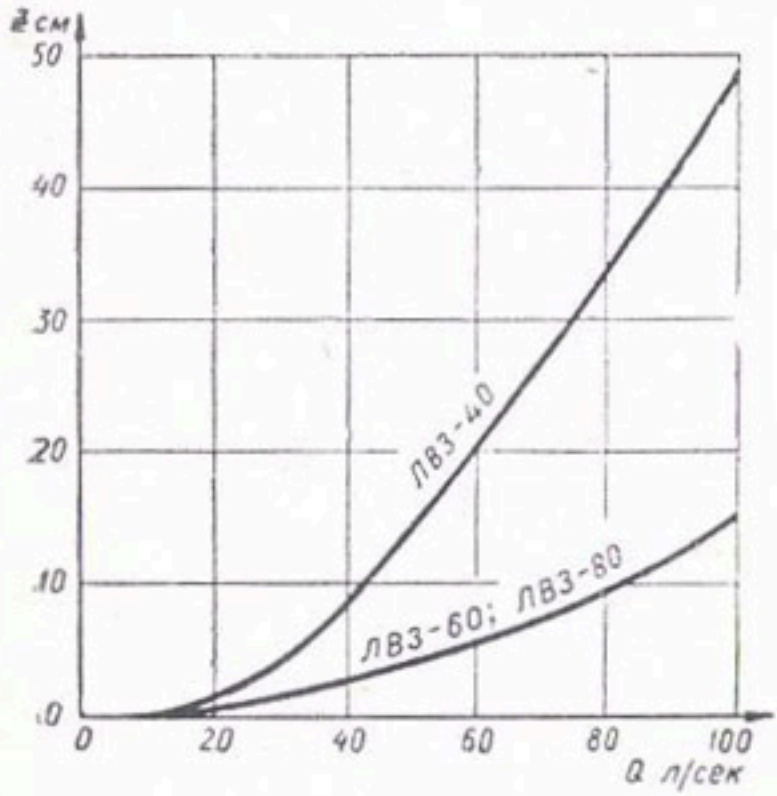


Рис. 15. Гидравлические показатели лотков-водовыпусков. График зависимости $Q = f(z)$, z — потери в сооружении.

где

Q — пропускная способность лотка, м³/сек;

P — параметр параболы, м;

n — коэффициент шероховатости;

H — глубина воды в лотке, м;

I — уклон лотка;

$$H = \frac{0{,}904n^{1/2}}{P^{1/3}} \cdot \frac{Q^{1/2}}{I^{1/4}} = F \cdot \frac{Q^{1/2}}{I^{1/4}} \qquad (37)$$

где

$$F = \frac{0{,}904n^{1/2}}{P^{1/3}}; \quad A = 1{,}225 \cdot \frac{P^{2/3}}{n}.$$

Значения величин A и F в зависимости от параметра P и коэффициента шероховатости n берут из табл. 29.

Таблица 29

Значения параметров A и F при разных значениях коэффициента шероховатости

n	A		F	
	P =0,20	P = 0,35	P = 0,20	P = 0,35
0,010	41,9	60,9	0,1545	0,1282
0,0105	39,9	58,0	0,1583	0,1314
0,0110	38,1	55,4	0,1620	0,1345
0,0115	36,4	53,0	0,1657	0,1374
0,0120	34,9	50,8	0,1692	0,1404
0,0125	33,5	48,7	0,1728	0,1434
0,0130	32,2	46,8	0,1762	0,1462
0,0135	31,0	45,1	0,1795	0,1488
0,0140	29,9	43,5	0,1828	0,1516
0,0145	28,9	42,0	0,1860	0,1543
0,0150	28,0	40,6	0,1890	0,1570
0,0155	27,1	39,3	0,1922	0,1595
0,0160	26,2	38,1	0,1954	0,1620

Примечания. 1. Параболические лотки: ЛС-40, ЛС-50, ЛС-60, ЛС-70, ЛС-80 имеют P = 0,20.

2. Параболические лотки ЛС-90, ЛС-100, ЛС-120, ЛС-140, ЛС-160, имеют P = 0,35.

3. В типовых проектах гидротехнических сооружений Союзгипроводхоза (ч. 27, М., 1960) даны графики для определения расхода воды в лотке по зависимости $Q = f(H, i)$ и скорости течения воды в лотке по зависимости $V = f(H, i)$ для диапазона уклонов $i = 0{,}00005 \div 0{,}03$.

4. Координаты точек параболы (левой или правой половины лотка) определяют из уравнения параболы $x^2 = 2py$, где x и y соответственны точке на оси абсцисс и ординат, нулевая точка которых расположена на вершине (дне) параболического лотка.

Данные табл. 29 позволяют определять значения A и F при заданных n и P. Зная уклон и расход воды в лотке по формуле (37), можно определить глубину воды в лотке (H). После этого при заданном уклоне по формуле (36) определяется пропускная способность лотка Q (табл. 30). Если она известна, то пользуясь формулой (36), можно определить уклон (I), по которому устанавливается лоток.

Таблица 30

Ориентировочные расходы железобетонных лотков параболического сечения в зависимости от уклонов [15]

Тип лотка	Расход воды при уклонах лотков, м³/сек						
	0,0002	0,0005	0,001	0,003	0,005	0,01	0,015
ЛС-40	0,050	0,100	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000
ЛС-60	0,200	0,400	0,600	1,00	1,300	1,800	2,300
ЛС-80	0,400	0,700	1,100	1,800	2,300	3,300	4,100
ЛС-100	0,800	1,200	1,700	2,800	3,700	5,200	6,400
ЛС-140	1,400	2,400	3,200	5,600	7,200	10,000	12,000
ЛС-180	2,200	3,100	5,00	8,800	11,400	16,000	—

Водопользовательская практика в эксплуатации каналов-лотков в новой зоне орошения Голодной степи показала следующие их преимущества:

1) полностью механизируется изготовление и строительство лотковой сети;

2) КПД системы лотковых каналов — 0,87, КПД участковых каналов-лотков — 0,95 (Г. Н. Павлов);

3) высокий коэффициент земельного использования — 0,90 против 0,75—0,77 при земляных каналах (Голодная степь);

4) значительное сокращение эксплуатационных затрат на орошение:

отпадает необходимость в устройстве и заравнивании ок-арыков (выводных борозд);

увеличивается производительность на поливе из гибких трубопроводов (шлангов) за счет напора от лотка при продольной схеме до 1—1,2 га и при поперечной схеме 2,5—3,0 га в смену против 0,75 га в смену при поливе из земляных каналов;

вышеуказанные преимущества позволяют сэкономить от 4 до 20 руб. на 1 га;

расходы по очистке оросительной сети от зарастания и заиления сведены к нулю вместо 3—5 руб. на 1 га при земляных каналах;

снижаются затраты на текущий ремонт и содержание сети на 2—5 руб. на 1 га;

5) общая экономия от применения лотковой сети с учетом стоимости экономии воды колеблется от 26 до 60 руб. с 1 га в зависимости от схемы полива, типа сети и длины борозд [15].

Недостатки лотковой оросительной сети заключаются в том, что она не рассчитана на пропуск промывных расходов воды; повреждение от промерзания может потребовать замены отдельных звеньев; сеть лотков затрудняет движение сельскохозяйственных машин; за счет несовпадения фактических ординат гидромодуля с проектными в первые годы эксплуатации лотковых каналов на землях нового орошения создается напряжение в водопользовании вследствие недостаточной пропускной способности лотковой сети. Это еще объясняется тем, что в проекте лотковой сети был принят коэффициент шероховатости $n = 0{,}012$, а фактически он оказался в пределах 0,014—0,0168 из-за несовершенства стыка между звеньями. Учитывая опыт эксплуатации лотковой сети, в дальнейших проектах коэффициент шероховатости принимается равным 0,015.

Лотковая сеть представляет собой современный индустриальный тип оросительной системы, позволяющей резко сократить потери воды на фильтрацию — повысить КПД системы; производительность на поливе, снизить затраты на эксплуатацию и расширить масштабы освоения новых земель индустриальными методами.

Лотки рекомендуется строить при уклонах местности не меньше 0,0005 на внутрихозяйственной и участковой сети с расходом воды от 120 до 1200 л/сек.

Освоение изготовления и монтажа лотков, позволяющих пропускать большие расходы воды с высотой сечения 1,2—1,8 м и более, приведет к возможности сократить земляные работы по устройству межотделенческих и межхозяйственных каналов.

В настоящее время при переустройстве существующих ирригационных систем колхозов и совхозов

ставится вопрос о переходе к закрытой оросительной сети с учетом ряда соображений эксплуатационного характера.

ЗАКРЫТАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

Закрытая (трубчатая) оросительная сеть по сравнению с открытыми каналами имеет ряд технико-экономических преимуществ, основные из них:

потери воды на фильтрацию сводятся на нет;

повышается коэффициент земельного использования (КЗИ);

устраняется препятствие для движения сельскохозяйственной техники;

улучшается водораспределение в условиях сложного рельефа;

создаются условия для автоматизации и механизации полива [40].

Закрытые оросительные системы могут тянуться от источников орошения до поливных участков. В этом случае в трубы заключаются магистральные каналы, межхозяйственные, внутрихозяйственные и участковые распределители. На поливных участках (картах) к гидрантам подключаются гибкие полиэтиленовые или капроновые шланги (оросительный трубопровод), заменяющие временные оросители, а от них отходят поливные трубопроводы, из которых вода выпускается в поливные борозды. Такая система в Среднеазиатском экономическом районе пока очень мало распространена (совхоз «Фархад», совхоз № 6 и др.). Она является нашим идеалом, которого должны достичь в недалеком будущем на больших площадях с развитием нашего технико-экономического потенциала. Целесообразнее в первую очередь закрытую оросительную сеть строить на полях орошения колхозов и совхозов.

Наряду с достоинствами закрытая оросительная сеть имеет и недостатки, к ним относятся: большая потребность в промышленных стройматериалах (трубах), необходимость создания механического напора для движения воды в трубах при уклонах местности менее 0,002 и дороговизна (временная) закрытой сети по сравнению с открытыми земляными каналами.

В Советском Союзе разработкой теоретических вопросов закрытых оросительных систем занимались А. Н. Костяков, Ф. И. Пикалов, Н. И. Струков, В. А. Шаумян и др.

В последние годы внедрением в практику хлопкосеющих хозяйств закрытой сети занималась Таджикская экспедиция Московского гидромелиоративного института (МГМИ). В нескольких хозяйствах Таджикской ССР построены и эксплуатируются закрытые комбинированные самонапорные системы, предложенные академиком И. А. Шаровым и кандидатом технических наук Г. Ю. Шейнкиным [40].

Первые опытно-производственные комбинированные закрытые системы в Таджикистане были построены на землях с большими уклонами — 0,02—0,03, позже такие системы появились и на землях со средними уклонами. Суть этого способа заключается в замене открытой оросительной сети комбинированной самонапорной сетью (рис. 16).

Авторы комбинированной закрытой оросительной сети рекомендуют в первую очередь такую сеть применять на землях предгорных орошаемых районов с уклонами полей в пределах 0,03—0,008, позволяющими системам работать на естественном напоре (без насоса).

Стационарные транспортирующие трубопроводы закладывают на глубину 0,6—0,7 м на расстоянии 300—500 м друг от друга в направлении наибольшего уклона. Длина транспортирующих асбоцементных трубопроводов — 1500—2500 м. В верхней части поливного участка, где напоры в транспортирующем трубопроводе менее 4 м, пользуются переносными поливными шлангами из полиэтилена, для которых рабочий напор должен быть в пределах от 0,2 до 1,2 м [40].

При больших уклонах и значительной длине транспортирующих трубопроводов в концевой их части образуются большие напоры, которые могут быть использованы высоконапорными дождевальными агрегатами.

В транспортирующие трубопроводы вода подается из открытых каналов через головные сооружения со щитовым устройством. Подача воды в поливные стационарные трубопроводы осуществляется при помощи задвижек «лудло», установленных в распределительных колодцах, которые располагают в местах пересечения этих

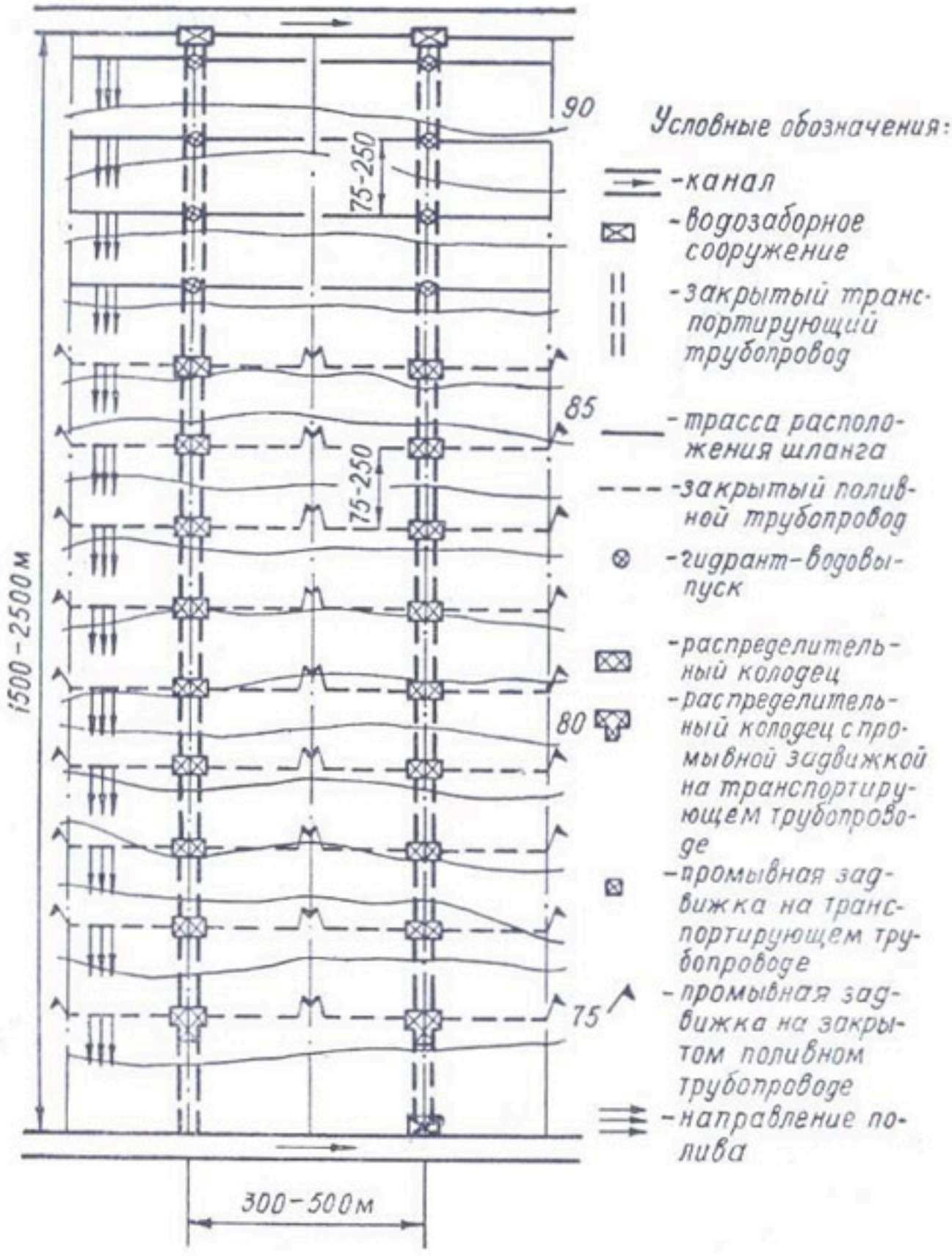


Рис. 16. Принципиальная схема автоматизации полива комбинированной оросительной сетью трубопроводов.

трубопроводов с транспортирующими. Вода поступает в поливные борозды из закрытого поливного трубопровода через просверленные в нем отверстия диаметром до 4 мм и более на расстоянии, равном ширине междурядья (60 см). Естественный напор, образовавшийся в поливном трубопроводе, позволяет воде выклиниваться на поверхность в виде ряда родников, преодолевая слой грунта в 20—30 см, и поступать одинаковой струей в поливные борозды.

Г. Ю. Шейнкин и другие [40] уклоны полей орошения разделили на пять групп:

1) очень большие уклоны	$i > 0{,}03$
2) большие уклоны	$i = 0{,}03—0{,}008$
3) средние уклоны	$i = 0{,}008—0{,}003$
4) малые уклоны	$i = 0{,}003—0{,}001$
5) очень малые уклоны	$i < 0{,}001$.

В зависимости от этих уклонов и вида почвы, которые являются основными природными факторами, влияющими на выбор схемы поливной сети, предложено десять схем, показатели которых приведены в табл. 31.

Предложенная схема закрытой комбинированной сети изучалась в Таджикистане только на участках со средними и большими уклонами при расходе воды из отверстий поливных трубопроводов в пределах 0,05—0,5 л/сек. Приведенные в табл. 31 схемы нуждаются в дальнейшем изучении в различных почвенных условиях под надзором проектных и эксплуатационных организаций.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЗАКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Полеводческая бригада в хозяйстве является основной производственной единицей — низовой единицей водопользования. На бригадный участок вода в период вегетации подается непрерывно. За каждой полеводческой бригадой закрепляется один или два транспортирующих трубопровода или лотка с подсоединенными к ним поливными трубопроводами или шлангами. Площадь обслуживания одним транспортирующим трубопроводом не должна быть больше площади бригады. Если площадь бригады составляет 200—300 га, то на

Таблица 31

Показатели схем комбинированной закрытой оросительной сети
(при длине транспортирующего трубопровода

Номер схемы	Уклон	Расстояние между закрытыми оросительными трубопроводами, м	Расстояние между закрытыми поливными трубопроводами или водовыпусками, м	Комбинация поливного оборудования	Примечание
1	0,03—0,008	300—500	75—250	Трубопровод и шланг	Диаметр труб d = 3/4″ (188 мм) по всем схемам
2	0,03—0,008	500—600	75—250	»	
3	0,03—0,008	300—400	75—100	»	
4	0,008—0,003	300—400	100—300	»	
5	0,008—0,003	400—800	50—100	»	Волнистый рельеф, поливы в поперечном направлении
6	0,003—0,0008	300—400	300—400	»	Гидранты-водовыпуски через 50 — 100 м. Полив в поперечном направлении в одну сторону
7	0,003—0,001	300—400	200—400	Лотки и шланги	Направление полива перпендикулярно лотку. Полив в одну сторону.
8	0,003—0,001	300—400	—	»	
9	<0,001	200—400	100—200	Закрытые транспортирующие и поливные трубопроводы (150—300 м)	С механической подкачкой; полив по наибольшему уклону
10	<0,001	300—600	100—200		

ее участке может работать одновременно два транспортирующих трубопровода. При этом следует исходить из такого расчета, что суточная площадь полива из транспортирующего трубопровода должна равняться 10—15 га с тем, чтобы за 10—15 суток был совершен полив на площади 100—150 га (площадь бригадного участка в настоящее время).

При поливных нормах 900—1200 м³/га на бригадный участок должен подаваться постоянный ток воды в 100—150 л/сек. Такой же расход воды будет подаваться в транспортирующий трубопровод [40].

Производительность на поливе за семь часов чистой работы со стационарным поливным трубопроводом хронометражем установлена 2,9 га, гибкими полиэтиленовыми шлангами — 0,8 га, контроль — земляные каналы — 0,3 га. Общая производительность труда в первые годы эксплуатации закрытых систем оказалась в 1,5—2 раза больше, чем полив из земляных каналов.

Комбинированная система позволяет организовать сосредоточенный полив, охватывая одновременным поливом площадь, рассчитанную на производительность одного-двух пропашных тракторов. Полив с одной стороны транспортирующего трубопровода производится на 10—15 га. Здесь одновременно подключаются в работу или в отдельности будут работать два-три яруса полиэтиленовых шлангов и два-три яруса закрытых поливных трубопроводов. Одним поворотом задвижки в течение нескольких минут меняется поливная струя одновременно в 300—500 бороздах.

Глава IV

ПОТЕРИ ВОДЫ В ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И БОРЬБА С НИМИ

ПРИРОДА ПОТЕРЬ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

По данным ЦСУ СССР (1966 г.), на орошение ежегодно подается около 100 млрд. м³ воды. Из них потери на фильтрацию, испарение, частично и на сбросы составляют около 60 млрд. м³ (60%), кроме этих потерь, имеются еще потери и на полях орошения. Издержки производства на подачу потерянной части оросительной воды составляют около 500 млн. руб. [41].

В орошаемых районах среднеазиатских республик производительность оросительных систем пока еще невысока. В Узбекистане, например, из рек и водохранилищ ежегодно на орошение забирается более 41 млрд. м³ воды. Из них до полей орошения теряется около 40% (16,56 млрд. м³). Потери эти примерно распределяются так: в магистральных каналах — 10% (1,66 млрд. м³), в межхозяйственной сети — 25 (4,14 млрд. м³) и во внутрихозяйственной оросительной сети — 65% (10,76 млрд. м³). Разумеется, все эти потери бесследно не исчезают. В зоне погружения поверхностных (первая гидрогеологическая зона) и выклинивания грунтовых вод (вторая гидрогеологическая зона) благодаря большому подземному уклону и хорошей дренирующей способности почвогрунтов потерянная вода в оросительной сети и на полях орошения не заболачивает и не засоляет орошаемой территории. Поверхностные погруженные (оросительные и атмосферные) воды под поверхностью земли стекают в третью гидрогеологическую зону, равномерно распределяясь неглубоко от поверхности почти по всей равнинной территории в концевой части источников орошения (рек) и оросительных систем. При близком залегании грунтовых вод (до 4 м) происходит испарение грунтовых вод, поднимающихся по капиллярам

почвы. Чем ближе уровень грунтовых вод к поверхности, тем интенсивнее испарение, и, следовательно, больше соленакопления в корнеобитаемом слое почвы.

Кроме потерь из оросительной сети, потери происходят еще на глубокое просачивание на полях орошения вследствие несовершенства техники полива.

В результате многочисленных исследований гидрогеологов (М. М. Крылов, Д. М. Кац, Н. А. Кенесарин и др.) доказано, что в общем питании грунтовых вод фильтрационные воды из каналов и с полей орошения составляют 80—85% (ирригационный тип режима грунтовых вод) [3].

Заметим, что при глубине грунтовых вод 0,5—1,5 м от поверхности земли влияние всех видов испарения обычно уравновешивается поступлением в грунтовые воды атмосферных осадков и воды при орошении. Дальнейший подъем уровня грунтовых вод прекращается, прямое заболачивание не происходит. Однако при таком уровне грунтовых вод в активном слое почвы происходит интенсивное соленакопление, ухудшающее плодородие почвы [3].

Итак, возникновение, развитие заболачивания и засоления орошаемых земель происходит в основном в третьей гидрогеологической зоне (в зоне рассеивания грунтовых вод). К этой зоне относятся все районы, расположенные в Кызылкумах, Каракумах, Каршинской степи, Сурхан-Шерабадской долине, Центральной Фергане, в долинах рек Мургаба, Чу и др.

Разная степень засоления почвы в Узбекистане снижает урожайность хлопчатника от 10 до 50%. На незасоленных землях урожай хлопка составляет 35—40 ц/га и более, а в хозяйствах, имеющих засоление, урожай снижается до 15—10 ц/га.

С точки зрения собственного водопользования потери оросительной воды на ирригационной системе усиливают недостаток воды, особенно в маловодные годы и в критические периоды.

Следует отметить некоторую полезную роль фильтрационных потерь из каналов и на полях там, где применяется гидроморфный мелиоративный режим (Хорезмская область и совхоз «Пахтаарал»).

Фильтрационные воды создают пресную прослойку (подушку) над минерализованными грунтовыми водами,

запасы которых уменьшаются (регулярно срабатываются) эффективно действующей коллекторно-дренажной сетью, отводящей их за пределы орошаемой территории.

При гидроморфном мелиоративном режиме (луговый процесс почвообразования) растения при помощи корневой системы частично питаются из пресной прослойки грунтовых вод, что сокращает количество поливов и обработок. А это в свою очередь снижает себестоимость единицы урожая и создает благоприятные условия в бесперебойном снабжении растений водой.

Доходность каждого гектара поливной пашни (по данным Б. Рахимова) в Хорезме составляет 485 руб., тогда как в среднем по Узбекистану она равна 284 руб. В этом имеется определенная доля участия субирригации в Хорезме.

Нельзя не отметить, что неограниченность в водопотреблении Хорезма обязана незарегулированности речного стока, которая постепенно исчезает по мере развития орошения и плотиностроения в бассейне реки Амударьи.

Объем потерь оросительной воды по Узбекистану настолько велик, что по величине равен емкости четырех таких водохранилищ, как Кайраккумское. Поэтому возникает необходимость борьбы с потерями оросительной воды там, где это нужно.

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ПОТЕРЯМИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Борьба с потерями оросительной воды делится на три вида:

1. Капитальные мероприятия: облицовка бетоном, асфальтобетоном, асфальтогрунтобетоном и мощение русел каналов на цементном растворе. Сюда же относятся и лотковая и закрытая оросительные сети.

2. Химические методы борьбы с потерями воды из оросительных каналов — полимерные пленки, укладываемые в русло каналов; гербициды для уничтожения сорной растительности, увеличивающей шероховатость, и смоченный периметр мелкой оросительной сети, уменьшающей скорость течения воды в ней; мономолекулярная пленка, применяемая для уменьшения потерь на испарение с зеркала водохранилищ.

3. Простейшие мероприятия: к ним относятся —

ударное уплотнение русел каналов, солонцевание (диспергация), кольматация, покрытие ложа каналов бентонитом и эксплуатационные мероприятия (применение водооборота) [2].

Бетонирование каналов (облицовка) применяется главным образом там, где канал проходит в сильноводопроницаемых грунтах и на маловодных системах, где каждый кубометр воды дорог. Кое-где бетонную облицовку с перепадами применяют с целью гашения энергии воды — устранения размывающих скоростей. Практически допускаемая скорость воды 4—6 м/сек при коэффициенте шероховатости $n = 0{,}016—0{,}012$ и коэффициенте откоса 1 : 1,25 или 1 : 1,5. Для каналов применяется бетон состава 1 : 6 или 1 : 9 толщиной от 5 до 10 см. Облицованное русло канала смазывается цементным раствором состава 1 : 2 или 1 : 3 для придания каналу большей водонепроницаемости [3].

Для предотвращения образования трещин и из конструктивных соображений в бетонной (монолитной) облицовке устраивают температурные и строительные швы, которые обычно совмещаются. Швы располагаются поперек канала в разбежку, чтобы швы откосов не совпадали со швами дна. Бетонирование русла канала может быть механизировано (машины Динглера и др.). Бетонные облицовки каналов уменьшают потери воды на фильтрацию на 90—95%.

Недостатки бетонных одежд заключаются в том, что они обходятся дорого, требуют дефицитных материалов и подвержены разрушению агрессивным действием солей, имеющихся в составе воды. Недостатки бетонных одежд могут быть устранены применением железобетонных плит, изготовляемых на крупных бетонных заводах в виде плит размером 3×5 м толщиной 5 см. Очевидно, индустриализация изготовления железобетонных плит, идущих на облицовку каналов, является единственным путем удешевления стоимости бетонных одежд каналов.

Если канал пересекает слои грунтовых вод, то под каналом вдоль подошвы его на глубину 0,3—0,5 м устраивают дренаж диаметром 10—12 см для отвода грунтовых вод из-под одежды. Это необходимо для предотвращения разрушения облицовки от замерзания. Дренажный сток спускается в коллектор.

Асфальтобетонные и асфальтогрунтобетонные одежды приготовляют из смеси битума (около 10%), мела (5%), каменноугольного пека (около 5%) и шагала (гравия или щебня с песком — 80%). При асфальтогрунтобетоне шагал заменяется грунтом. Смесь нагревают до 160°—180° и укладывают в русло канала при температуре смеси не ниже 140° [3].

Разница между асфальтобетоном и асфальтогрунтобетоном, кроме замены шагала грунтом, заключается в том, что грунт и мел при изготовлении асфальтогрунтобетона нагревают по отдельности каждый до 180°, затем перемешивают, добавляя битум. Готовую смесь укладывают в русло канала при температуре не ниже 130° [3].

Асфальтовые облицовки уменьшают потери оросительной воды до 90—95% по сравнению с потерями в земляных каналах.

В асфальтированных каналах допустимые скорости течения воды — 2—2,5 м/сек при коэффициенте шероховатости $n = 0{,}014$—$0{,}016$.

Преимущества асфальтовых одежд — пластичность, морозоустойчивость, сопротивляемость воздействию агрессивных вод, легкость ремонта при повреждении.

Недостатки — возможно оплывание от летней жары, прорастание сорняком и дороговизна, не уступающая стоимости железобетонных одежд.

Мощение русел каналов применяется в горных и предгорных районах Киргизской ССР, где не требуется транспортировки камня. Мостят дно и откосы канала булыжным камнем размером 0,15—0,25 м. Особенно хорошие результаты дают каменные отмостки на цементном растворе при коэффициенте откоса канала 1,25—1,50 и допускаемых скоростях течения воды в нем не более 3—4 м/сек.

ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПОТЕРЯМИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Развитие химической промышленности открыло дорогу применению различных полимерных материалов для борьбы с потерями воды из каналов и водоемов.

Полиэтилен — высокомолекулярное органическое вещество, исходным сырьем для которого служит нефть.

Полиэтилен высокого давления (низкой плотности) является продуктом полимеризации этилена при давлении до 3000 атм и температуре до 300° в присутствии кислорода; полиэтилен низкого давления (высокой плотности) — продукт, получающийся при давлении меньше 6 атм и температуре до 70° в присутствии катализатора металлоорганических соединений [28].

Полипропилен — газ, выделяемый из нефтяных газов, он способен образовывать прочные волокна и пленки. Полимеризация пропилена аналогична полимеризации полиэтилена в присутствии металлоорганических катализаторов под невысоким давлением. Полипропилен представляет собой белый порошок, перерабатываемый с помощью тех же операций, что и полиэтилен низкого давления [28].

Полихлорвинил получается в результате полимеризации бесцветного газа — хлористого винила. При полимеризации образуется поливинил — хлоридная смола (в виде тонкодисперсного порошка). Вместе с пластификатором смола превращается в эластичный материал, которому путем термической обработки на горячих вальцах придается вид пленки, листа, полосы. Из порошка поливинилхлороида можно получить жесткий и упругий материал винипласт, идущий на изготовление труб [28].

Полихлорвинил водонепроницаем, в воде не набухает, химически стоек. Разрывная прочность его несколько ниже, чем у полиэтилена и полипропилена [28].

Стеклопластики, изготовляемые из полиэфирных, эпоксидных и других видов смол, в сочетании со стеклянным волокном, стеклотканью и т. п. в качестве армирующей основы применяются не только в судостроении, строительстве, машиностроении, но и в ирригации [28]. Трубы из стеклопластиков выдерживают относительно высокие напоры, что полностью соответствует требованиям закрытой оросительной системы, сокращающей до минимума потери воды на фильтрацию.

С каждым годом все больше применяются в ирригации полиэтиленовые и полихлорвиниловые пленки для устройства водонепроницаемых экранов на каналах и водоемах и для устройства гибких переносных поливных трубопроводов.

Из полиэтилена и полихлорвинила изготавливают жесткие, переносные и стационарные трубопроводы и си-

фонные трубки, с помощью которых вода подается в поливные борозды [28].

По мнению американских специалистов, полихлорвиниловыми и полиэтиленовыми пленками (в виде погребенных экранов) смело можно заменить асфальтовые одежды каналов.

По данным управления мелиорации США, 60 видов пленки (продукция 15 фирм), пролежавших десять лет в грунте, оказались в отличном состоянии [28].

ВНИИГИМ широко проводит опыты по использованию пленочных пластических материалов для борьбы с потерями воды на фильтрацию из каналов и водоемов.

В 1960 г. в таджикской части Голодной степи был построен (ВНИИГИМ) участок канала ТМ-1 с пленочным экраном длиной 1 км. Здесь все три вида пленки после стабилизирования были уложены при откосе канала 1 : 2,5.

Уложенные полиэтиленовые пленки имели размеры: толщина — 0,15 мм, ширина полосы — 2,8 м; толщина полихлорвиниловой пленки — 0,2—0,3 мм, ширина полосы — 1,3 м; вулканизированный бризол: толщина — 1 мм, ширина — 0,9 м [28].

Швы полиэтиленовой и полихлорвиниловой полос сваривали утюгами при температуре 210° со скоростью 0,7—0,4 м/мин. Из полиэтилена готовили полотнища размером $11 \times 50 = 550$ м², а из полихлорвинила — $11 \times \times 25 = 275$ м², весом 70—80 кг.

Полосы бризола соединяли с помощью горячей битумной мастики на месте укладки. Состав мастики: битум марки БН-4 и по 5% резиновой крошки и солярового масла от веса битума. Солярка добавляется после варки в течение часа смеси битума с резиновой крошкой и некоторого охлаждения.

Подготовленная поверхность канала к укладке экрана обрабатывалась гербицидом атразин против сорной растительности из расчета 25 кг/га. На экран насыпался мягкий грунт слоем 5 см. И затем экскаватором (Э-302) досыпался песчано-галечниковый грунт толщиной 25 см. Защитный слой из-за отсутствия соответствующего механизма, сконструированного специально для этой цели, не уплотнялся [28].

По расчетам Гипроводхоза, строительная стоимость 1 км канала ТМ-1 с погребенным экраном при цене

1 кг полиэтиленовой пленки в год разработки проекта (1960 г.) 10 руб. 30 коп. составила 25 тыс. руб. и оказалась равной стоимости 1 км канала с бетонной облицовкой. При цене 1 кг пленки (1962 г.) 3 руб. 65 коп. 1 км канала стоит 15 тыс. руб.

Опыт строительства каналов с погребенными экранами в 1962 г. в совхозе № 17 (Голодная степь) и на том же канале ТМ-1 показал возможность дальнейшего удешевления стоимости строительства.

Стоимость устройства экрана, отнесенная на 1 м² смоченной поверхности, составляет 2 руб. 12 коп., из которых на готовое полотнище приходится 88 коп. и на земляные работы с укладкой пленки — 1 руб. 24 коп.

Трубы и лотки из стеклопластиков в будущем должны найти широкое применение не только в целях борьбы с потерями воды из оросительной сети, но и в целях замены ими земляных каналов.

С выпуском промышленностью синтетических смол, твердеющих при обычных температурах, значение стеклопластиков возросло. Значительно расширились возможности в области производства высокопрочных изделий практически неограниченных размеров и сложной конфигурации.

Из стеклопластиков уже производятся трубы диаметром 219, 300 и 500 мм. При изготовлении труб и лотков из стеклопластиков высокоиндустриальными скоростными методами в будущем может прекратиться изготовление тяжелых железобетонных лотков и труб, требующих специальных подъемных средств при погрузке, разгрузке и установке на опоры.

Особо важное значение могут приобрести лотки из стеклопластиков на временной оросительной сети.

Трубы из термопластических материалов должны сыграть большую роль в перспективе в деле создания высокопроизводительных (без потерь на фильтрацию) автоматически управляемых оросительных систем с высоким коэффициентом земельного использования.

Проблему перехода к закрытым оросительным системам труднее решить массовым производством металлических, железобетонных и асбоцементных труб. Эту проблему значительно легче и скорее можно решить созданием необходимого количества заводов, изготовляющих новые полимерные материалы.

Водное хозяйство является крупным потребителем труб из пластических материалов диаметром от 15 до 100 см [28].

Гербициды являются быстродействующим, экономически более выгодным средством для уничтожения сорной растительности на каналах. Сорная растительность увеличивает коэффициент шероховатости каналов более чем в три раза по сравнению с чистым от сорняков каналом. В заросшем канале скорость течения воды в соответствии со смоченным периметром уменьшается на 25—30% и потери оросительной воды по сравнению с окошенным каналом увеличиваются на 25—30%.

Хозяйственные каналы периодического действия особенно подвержены зарастанию. На 1 м² смоченного периметра таких каналов селится от 10 до 20 корней многолетних и 10—15 корней однолетних сорняков.

Периодическая очистка каналов от сорняков (окашивание) за оросительный сезон производится два-три раза с перерывами в 2,5—3 месяца. Однако очистка каналов от сорняков вручную в переводе на гектар стоит 26 руб., что примерно в пять раз дороже применения гербицидов.

Для предупреждения появления сорняков за три-четыре недели до пуска воды в канал проводят обработку его одним из следующих видов гербицидов дозами:

атразин — 15—25	кг/га	русловой	поверхности
симазин — 20—30	»	»	»
монурон — 20—25	»	»	»
фенурон — 20—25	»	»	»

Гербициды растворяют в воде объемом 600—1000 м³ и этим раствором опрыскивают русло канала аппаратом ОТН-4—8. Двое рабочих идут с брандспойтами по откосам или дну канала и опрыскивают внутренние откосы, дно и обе дамбы канала. В целях экономии гербицида наружные откосы рекомендуется обрабатывать карболинеумом садовым в виде 10—15%-ной эмульсии или отработанным дизельным маслом. Доза дается такая, какая применяется для обработки полос отчуждения дорог. Рекомендуется наружные откосы обрабатывать до цветения сорняков во избежание их обсеменения.

Мономолекулярная пленка [12] испытывается ВНИИГИМом, начиная с 1960 г. Суть мономолекуляр-

ной пленки заключается в том, что жирный спирт типа ортадеканол и гексадеканол, который не растворяется в воде, наносят на зеркало водохранилищ специально изобретенной установкой. Созданная на поверхности воды тонкая пленка и есть мономолекулярная пленка, которая не нарушает газового и санитарно-гигиенического режимов в водохранилище. Образцы жирных спиртов органического и синтетического происхождения ранее исследовались в специальных водных испарителях на озерах Севан и Волдае.

При нанесении жирных спиртов в количестве 0,05 г на 1 м² водной поверхности в сутки испарение уменьшается на 77%.

В результате работ ВНИИГИМ доказано, что значительное уменьшение испарения достигается при непрерывном нанесении жирного спирта на водную поверхность и поддержании пленки в стабильном состоянии.

В условиях Узбекской ССР испарение с водной поверхности достигает 1500—2000 мм и более в год. Потери воды на испарение по существующим и строящимся водохранилищам (их в сумме более 20) составляют внушительную цифру. Кстати, изучению и борьбе с потерями из водохранилищ научно-исследовательские, учебные институты мало уделяют внимания.

ПРОСТЕЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ПОТЕРЯМИ ВОДЫ ИЗ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Ударное уплотнение грунта каналов ранее было предложено Г. М. Ломизе, С. Г. Хлебниковым, позже Г. Т. Дадаевым (АЗНИИГИМ). Оно сокращает потери оросительной воды на 50—60%. В Узбекистане (Голодная степь) ударным уплотнением занимался САНИИРИ (У. Ю. Пулатов, Е. Д. Рождественский, Х. А. Аскаров, Г. Л. Урманова и Шёйхет). Суть ударного уплотнения заключается в том, что к стреле экскаватора подвешивают груз (железобетонная плита) весом от 3 до 5 т и, поднимая ее на высоту 3—5 м, по одному и тому же месту ударяют от трех до девяти раз при оптимальной влажности грунта канала от 12 до 25% в зависимости от механического состава почвогрунта (суглинок тяжелый — 22—25%, суглинок средний — 21—23%, суглинок легкий — 15—18%, супесь — 12—15%).

При уплотнении грунта Южного голодностепского канала (ЮГК) вес трамбовки был 3,8—5,3 т, высота падения трамбовки — 3, 4, 5 м; число ударов — 3, 4, 6, 9 [29].

Средняя плотность скелета при вальцовой трамбовке до уплотнения была от 1,444 до 1,621 кг/см³, а после уплотнения — от 1,551 до 1,659 кг/см³. Коэффициент уплотнения при цилиндрической трамбовке был — 1,03; 1,04; 1,27.

Опыты САНИИРИ показали, что оптимальная высота падения трамбовки 3 м, при большей высоте происходит разрыхление грунта [29].

Считают, что в малых постоянных каналах толщина уплотненного грунта (экрана) должна быть 40—50 см. При этом потери воды уменьшаются в три — пять раз.

В больших каналах рекомендуется толщину экрана довести до 60—70 см, а в водоемах с глубиной воды более 4 м — до 1 м. Эти рекомендации нуждаются в уточнении для конкретных почвенно-геологических и гидрогеологических условий, где расположен объект уплотнения.

Срок службы грунтовых экранов изучен недостаточно. По исследованиям Хлебникова, Абелишвили, Кервалишвили, проведенным на каналах Закавказья, экран, изготовленный из карьерных грунтов толщиной 20 см, сохраняет свои противофильтрационные свойства в течение двух лет. На глубине более 20 см разрушение экрана происходит значительно медленнее. При толщине экрана 40—50 см противофильтрационные свойства его не ухудшаются на протяжении трех — пяти лет [29].

Преимущества ударного уплотнения грунтов каналов: дешевизна этого мероприятия (стоимость 1 м² уплотнения колеблется в пределах 1 коп.) благодаря механизации, применению экскаваторов различных марок (Э-1004, ОМ-202, Э-502 и др.); ненужность каких-либо материалов.

Недостатки: разуплотнение грунтовых экранов вследствие набухания и усадки грунтов; прорастание сорной растительности.

Следует отметить, что уплотнение грунтов каналов ударным способом, кроме Голодной степи, нигде в Узбекистане еще не применялось, срок службы и экс-

плуатационные особенности каналов с уплотненным руслом совершенно не изучались.

Нам представляется, что глубокое ударное уплотнение русел каналов, проходящих в лессовых просадочных грунтах в Средней Азии (особенно в Таджикской ССР) должно быть весьма полезным не только в целях борьбы с потерями, но и сохранения каналов от разрушения.

Кольматация [2]— заполнение илисто-глинистыми частицами пустот между крупными фракциями грунта и создание таким образом противофильтрационного экрана.

Для борьбы с фильтрацией из каналов применяется кольматация русел, содержащих значительный процент песка. Большая мутность Амударьинской воды, доходящей до 5 кг/м^3 воды в период половодья, создает естественную кольматацию в оросительной сети. Это явление оказалось весьма полезным для вновь построенных Аму-Бухарского и Каракумского каналов.

Если не получается естественный кольматаж канала вследствие больших скоростей течения воды, то кольматаж создают искусственно путем осаждения внесенной в поток глины, размешанной в воде.

Длина участка канала, на котором произойдет осаждение частиц при глубине воды в канале 1 м в зависимости от скорости воды в канале и диаметра частиц кольматирующего материала, подбирается с помощью данных табл. 32 [2].

Таблица 32

Параметры исскуственного кольматирования канала

Скорость течения воды в канале, см/сек	Диаметр частиц кольматирующего материала, мм		
	0,05	0,01	0,005
	длина участка канала, м		
15	90	1800	—
10	60	1200	—
5	30	600	2500

Глинистые частицы вмываются в песчаные грунты на глубину 5—20 см в зависимости от среднего диаметра частиц кольматируемого грунта (D мм) и кольматирующей глины (d мм). Отношение $\frac{d}{D}$ должно быть не меньше 0,20—0,15 (А. Н. Патрашев).

Дно канала кольматируется более эффективно, чем откосы. В кольматированных каналах фильтрация воды уменьшается на 40—50%.

Потребное количество глины (в кг), необходимое для кольматации 1 м² русла канала, определяется по выражению $W \approx 18\,D$ (из табл. 33).

Таблица 33

Элементы кольматажа и потребное количество глины для кольматирования

(Данные Т. А. Неговской)

Диаметр частиц кольматируемого грунта, D мм	Диаметр частиц кольматирующей глины, d мм	Потребное количество глины, кг/м²	Грунты	Толщина кольматажной пленки, см
1,0—0,50	0,10—0,025	18,0	Крупные пески	3—7
0,50—0,25	0,05—0,005	9,0	Средние пески	1—3
0,25—0,10	0,005	4,5	Мелкие пески	0,5—1,0

При кольматировании канала скорость течения воды должна быть в пределах 0,05—0,20 м/сек; в период эксплуатации она не должна превышать 0,6—0,7 м/сек.

Максимально допустимая мутность воды при кольматировании каналов, проходящих в крупнопесчаных грунтах, должна быть 2 кг/м³. Если канал проходит в средне- и мелкопесчаных грунтах, то мутность воды должна быть 5 кг/м³.

В Средней Азии благодаря большой мутности рек Амударьи и Сырдарьи оросительная сеть в низовьях рек кольматируется естественным образом. С развитием плотиностроения и аккумулирования взвешенных наносов в водохранилищах, очевидно, искусственная кольматация земляных каналов, проходящих в сильно водопроницаемых грунтах, станет более актуальной в борьбе с потерями оросительной воды, особенно на маловодных системах.

Бентонитовые глины [37], содержащие минерал монтмориллонит, сильно набухающий при замачивании, можно применять в качестве противофильтрационного экрана в оросительных каналах, проходящих через галечник и пески.

Средняя Азия богата запасами бентонита Дарбазинского, Хорезмского, Ангренского, Бухарского, Туркменского и других месторождений.

Л. Н. Шамрай, проводившая научно-производственные исследования в одном из колхозов Пскентского района Ташкентской области, подопытным участком выбрала отвод Ташкентского канала длиной около 2 км. Для проведения опыта был выбран участок длиной 800 м, имеющий следующую характеристику:

пропускная способность канала 0,5 м³/сек;
уклон подопытного участка канала 0,001;
канал проходит в галечнике, мощность которого превышает 7 м;
коэффициент фильтрации грунта — 50—180 м/сутки;
грунтовые воды залегают глубоко;
относительные потери воды до укладки бентонитовой глины за период наблюдения (92 часа) доходили до 73% на 1 км.

Бентонитовую смесь укладывали в пропорции — 15—17% бентонита и 85—83% песка; толщина экрана — 10 см; толщина защитного слоя из грунта — также не менее 10 см. Бентонитовая смесь приготовлялась в бетономешалке, загрузка бункера песком и бентонитом производилась специальными мерными ящиками. Песок имел диаметр 1—0,25 мм с коэффициентом фильтрации 20,8 м/сутки.

Коэффициент фильтрации после укладки в русло канала бентонитовой смеси был равен 0,0017 м/сутки, потери воды уменьшились в десять раз. Установившиеся потери с экраном составили 5% на 1 км. Стоимость экранирования 1 м² поверхности канала составила 92 коп., из них стоимость бентонитовой глины — 9 коп. (10%).

К особенно ценным свойствам бентонита относится его обратимая деформативность без ущерба антифильтрационному качеству. При соприкосновении с водой бентонитовая смесь набухает, уменьшается коэффициент фильтрации; при прекращении водоподачи в канал уменьшается в объеме, принимая прежнее положение. Это свойство бентонита очень важно для периодически работающих внутрихозяйственных каналов, на долю которых падает 65% от всех потерь оросительной воды.

Технология применения бентонита пока еще разработана слабо. Управления оросительных систем пока не располагают опытом эксплуатации каналов с бентонитовыми экранами. Стоимость бентонитовой одежды можно

снизить значительно, если до максимума механизировать процесс производства работ.

Интересный опыт проведен агрономом колхоза им. К. Маркса Ферганского района К. Камаловым. После внесения 10—12 т/га бентонитовых глин он получил прибавку урожая до 4 ц/га хлопка. Это объясняется тем, что бентониты содержат 22 микроэлемента — фосфор, ванадий, кобальт и др. Снизилась заболеваемость хлопчатника вилтом. Обработка семян хлопчатника бентонитовыми суспензиями улучшила их прорастание.

В Узбекистане бентонитовые глины известны с давних времен. Их разрабатывали в Самарканде еще во II—III веках нашей эры. Бентониты применяли для очистки растительных масел, виноградного сока, шерсти, в гончарном производстве, для облицовки и росписи дворцов и гробниц.

Бентонитовые глины до сих пор завозили с Урала и из Туркмении. Теперь геологами Узбекистана обнаружены богатые, практически неисчерпаемые залежи бентонитов на больших площадях приташкентского района, в Ферганской области, в Кызылкумах мощностью 200—300 м.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ПОТЕРЯМИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Уничтожение сорной растительности на каналах путем применения гербицидов или очистки и окашивание каналов от сорняка, устранение просачивания через щитовые устройства гидротехнических сооружений и переустройство оросительной сети, при котором ликвидируются параллельные, спрямляются извилистые каналы, устраняются «мертвые» объемы воды, остающиеся после полива в арыках — все это относится к эксплуатационным мероприятиям.

В борьбе с потерями оросительной воды в колхозах и совхозах большую роль играют сосредоточенные поливы. Распыление воды при поливе на поливных участках, удаленных друг от друга на большом расстоянии, снижает КПД системы хозяйства в целом и коэффициент использования воды, в частности.

Показателем распыления полива (по И. И. Минкевичу) называется отношение суммы площадей охвата

поливами за сутки к сумме фактически политых площадей за сутки. Следовательно, идеальным случаем является тот, при котором показатель распыления полива (ПРП) равен 1. Чем больше ПРП, тем больше потерь оросительной воды. Так, например, воду, поступающую на бригадный участок № 1, распределили между четырьмя поливными участками, расположенными далеко друг от друга с общей площадью охвата 100 га и за сутки полили в сумме 25 га. Следовательно, ПРП = 100 : 25 = = 4 (распыление в четыре раза). В бригаде № 2 ПРП = 50 : 25 = 2 (распыление в два раза). В бригаде № 3 ПРП = 25 : 25 = 1 (нет распыления).

Когда отсутствует распыление воды, легко увязывается полив с обработками, производительно используются и пропашные трактора.

В борьбе с потерями оросительной воды колоссальную роль играет очередное водопользование (водооборот), вводимое внутри хозяйства (колхоза, совхоза). Водооборот между хозяйствами, отделениями совхозов, полеводческими бригадами вводится в зависимости от водообеспеченности периода, системы. При стопроцентной водообеспеченности нельзя избегать водооборота внутри полеводческих бригад между полями севооборота, поливными участками, исходя из физиологической потребности в воде суходольных культур. Однако водооборот должен быть разумным, не допускающим распыления воды. О теории и расчете водооборота более подробно будет сказано в следующем разделе [4].

МЕТОДЫ УЧЕТА ПОТЕРЬ ВОДЫ В КАНАЛАХ И УСТАНОВЛЕНИЕ КПД В ХОЗЯЙСТВЕ И СИСТЕМЕ

Потери воды в оросительной сети бывают: относительные (процент потерь на 1 км длины канала (σ) и абсолютные (S) на всей действующей длине канала (в $м^3$/сек или в л/сек).

На величину потерь влияют следующие факторы:

величина расхода воды в канале (Q);

степень водопроницаемости почвогрунтов, в которых проходит канал или арык. Этот фактор приурочен к определению относительных потерь σ. Глубина уровня грунтовых вод под каналом;

действующая длина данного канала или арыка (l), км;

глубина (наполнение) воды в канале и средняя скорость течения воды в нем;

мутность или осветленность оросительной воды, протекающей в канале; обычно мутная вода теряется меньше, осветленная — больше при прочих равных условиях;

возраст канала; во вновь прорытых каналах потерь больше; с возрастом канала грунт его уплотняется, коэффициент фильтрации становится меньше.

Коэффициентом полезного действия канала называется отношение конечного расхода $Q_к$ или $Q_{\text{нетто}}$ к головному расходу канала $Q_{\text{гол}}$ или $Q_{\text{брутто}}$. КПД принято обозначать буквой η

$$\eta = \frac{Q_{\text{нетто}}}{Q_{\text{брутто}}} \qquad (38).$$

На время определения потерь лучше всего прекратить водозабор и сброс из данного канала, тогда относительные потери определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{100S}{Q_{\text{бр}} \cdot l} \qquad (39),$$

где

S — потери, м³/сек или л/сек; $S = Q_{\text{брутто}} - Q_{\text{нетто}}$;

$Q_{\text{бр}}$ — головной расход канала, м³/сек или л/сек;

l — длина канала, которая была под водой, км.

Когда нет опытных данных о фактических значениях относительных потерь (σ), то их можно вычислить по одной из формул САНИИРИ в зависимости от расхода $Q_{\text{нетто}}$ и степени водопроницаемости грунта канала.

Пример 9. Известны: $Q_н = 4$ м³/сек:, грунт канала средневодопроницаем; действующая длина канала $l = 10$ км.

Определить: 1) относительные потери σ; 2) абсолютные потери S; 3) головной расход канала $Q_{\text{бр}}$; 4) КПД канала η.

Решения: 1) $\sigma = \frac{2{,}3}{Q_н^{0{,}5}} = \frac{2{,}3}{\sqrt{4}} = \frac{2{,}3}{2} = 1{,}15\%$ на 1 км;

2) $S = \frac{Q_н \sigma l}{100} = \frac{4 \times 1{,}5 \times 10}{100} = 0{,}46$ м³/сек;

3) $Q_{бр} = Q_н + S = 4 + 0{,}46 = 4{,}46$ м³/сек;

4) $\eta = \frac{Q_н}{Q_б} = \frac{4}{4{,}46} = 0{,}895$ или с округлениями $\eta = 0{,}90$.

Для облегчения решения аналогичных примеров на основании формул САНИИРИ нами составлена таблица для определения относительных потерь σ (табл. 34) для расходов от 0,050 до 2 м³/сек. Для расходов, не приведенных в табл. 32, рекомендуем пользоваться формулами

Таблица 34

Определение относительных потерь σ, %

Расходы каналов, м³/сек Q	Для высоководопроницаемых грунтов		Для средневодопроницаемых грунтов		Для слабопроницаемых грунтов	
	от $\sigma = \frac{2{,}85}{\sqrt{Q_н}}$	до $\sigma = \frac{3{,}5}{\sqrt{Q_н}}$	от $\sigma = \frac{1{,}87}{\sqrt{Q_н}}$	до $\sigma = \frac{2{,}3}{\sqrt{Q_н}}$	от $\sigma = \frac{1{,}0}{\sqrt{Q_н}}$	до $\sigma = \frac{1{,}3}{\sqrt{Q_н}}$
0,050	12,70	15,30	8,35	10,30	4,45	5,80
0,100	9,02	11,07	5,90	7,67	3,17	4,12
0,200	6,35	7,77	4,17	5,12	2,22	2,89
0,300	5,20	6,35	3,40	4,18	1,82	2,36
0,400	4,50	5,54	2,94	3,64	1,56	2,04
0,500	4,01	4,92	2,64	3,24	1,41	1,83
0,600	3,70	4,53	2,43	2,99	1,30	1,69
0,700	3,40	4,17	2,22	2,74	1,19	1,55
0,800	3,15	3,90	2,08	2,55	1,11	1,45
0,900	3,00	3,70	1,97	2,42	1,05	1,37
1,000	2,85	3,50	1,87	2,30	1,00	1,30
1,100	2,72	3,33	1,78	2,10	0,95	1,24
1,200	2,60	3,20	1,71	2,05	0,91	1,18
1,300	2,50	3,07	1,64	2,01	0,88	1,13
1,400	2,40	2,97	1,58	1,95	0,84	1,10
1,500	2,32	2,85	1,55	1,88	0,81	1,06
2,00	2,02	2,48	1,32	1,63	0,71	0,92

САНИИРИ, которые в отличие от формул академика А. Н. Костякова не требуют логарифмирования и более справедливы для условий Средней Азии.

Согласно техническим указаниям и нормам проектирования каналов (1955 г.), рекомендуется вводить поправку в найденные значения относительных потерь σ, т. е. чтобы найти действительное значение с учетом влияния грунтовых вод, σ следует умножать на поправочные коэффициенты П, которые приведены в табл. 35 [33].

Таблица 35

Таблица поправочных коэффициентов П для исчисления потерь воды на фильтрацию при подпоре грунтовых вод

Расходы воды в канале. Q м³/сек	Поправочные коэффициенты при глубине грунтовых вод, м							
	< 3	3	5	7,5	10	15	20	25
0,3	0,82							
1,0	0,63	0,79						
3,0	0,50	0,63	0,82					
10,0	0,41	0,50	0,65	0,79	0,91			
20,0	0,36	0,45	0,57	0,71	0,82			
30,0	0,35	0,42	0,54	0,66	0,77	0,94		
50,0	0,32	0,37	0,49	0,60	0,69	0,84	0,97	
100,0	0,28	0,33	0,42	0,52	0,58	0,73	0,84	0,94

Пример 10. Известны: $Q_н = 1$ м³/сек; грунт канала средневодопроницаем; действующая длина канала 5 км, уровень грунтовых вод на глубине 3 м.

Определить: 1) относительные потери с учетом поправочного коэффициента $\sigma_0 = \sigma \cdot П$; 2) абсолютные потери S; 3) головной расход канала $Q_{бр}$; 4) КПД канала η

Решение:

1) $\sigma = \frac{1{,}87 + 2{,}30}{2} = \frac{4{,}17}{2} = 2{,}09\%$ . . . (см. табл. 34)

2) $\sigma_0 = \sigma \cdot П = 2{,}09 \times 0{,}79 = 1{,}65\%$ . . . (см. табл. 34)

3) $S = \frac{Q_н \sigma_0 l}{100} = \frac{1 \times 1{,}65 \times 5}{100} = 0{,}083$ м³/сек;

4) $Q_{бр} = Q_н + S = 1 + 0{,}083 = 1{,}083$ м³/сек;

5) $\eta = \frac{Q_н}{Q_{бр}} = \frac{1{,}0}{1{,}083} = 0{,}91$

Как видно из табл. 34, для этого расхода (1 м³/сек) при залегании уровня грунтовых вод ниже 5 м поправочных коэффициентов нет необходимости находить σ_0. В таких случаях задача решается по примеру 9.

Для определения КПД системы хозяйства следует определить КПД типичных — временного оросителя, участкового распределителя, внутрихозяйственного распределителя и их перемножить. Если есть хозяйственный отвод, из которого берут воду все внутрихозяйственные распределители (совхоз «Пахтаарал», К — 20), то еще умножается на КПД хозяйственного отвода. Например:

$$\eta_{с.\ хоз} = \eta_{в.\ о} \cdot \eta_{у.\ р} \cdot \eta_{вхр} \cdot \eta_{х\ о} \quad \ldots\ldots\ldots (39),$$

где

$\eta_{с.\ хоз}$ — КПД оросительной системы хозяйства (колхоза, совхоза);

$\eta_{в.\ о}$ — КПД типичного временного оросителя, или оросительного трубопровода (жесткого или гибкого);

$\eta_{у.\ р}$ — КПД типичного участкового распределителя или лотка, трубы;

$\eta_{вхр}$ — КПД внутрихозяйственного распределителя или лотка, трубы;

$\eta_{х.\ о}$ — КПД хозяйственного отвода или лотка, трубы.

Для учета погрешности техники полива $\eta_{с.хоз.}$ следует умножить еще на коэффициент использования воды, методика исчисления которого будет дана в главе VI. Коэффициент использования воды (КИВ) в нормальных условиях должен быть в пределах 0,85 — 0,90.

Если КПД системы хозяйства ниже 0,70, то это свидетельствует о том, что в хозяйстве водопользование поставлено плохо. Необходимо принять все меры, обеспечивающие сокращение потерь оросительной воды, увеличение КПД системы хозяйства. В хозяйстве, где водопользование поставлено на должную высоту, КПД системы хозяйства колеблется в пределах 0,80—0,90.

КПД межхозяйственного распределителя равен (пример 10) произведению КПД системы хозяйства на КПД межхозяйственного распределителя ($\eta_{мхр}$):

$$\eta_{с.мхр} = \eta_{с.хоз} \cdot \eta_{мхр} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (40).$$

Аналогично этому КПД магистрального канала от головы до первого межхозяйственного распределителя определяется по примеру 10.

КПД системы магистрального канала равен произведению КПД системы хозяйства на КПД межхозяйственного распределителя и на КПД участка магистрального

канала (от головы до выхода первого межхозяйственного распределителя), т. е.

$$\eta_{с.мк} = \eta_{с.хоз} \cdot \eta_{мхр} \cdot \eta_{мк} \quad . \quad . \quad .

Глава V.

ПЛАНИРОВАНИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ИРРИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ХОЗЯЙСТВУ

План водопользования составляется в году два раза: на вегетационный период (1/IV—1/X) и на осенне-зимний и ранневесенний периоды (1/X—1/IV).

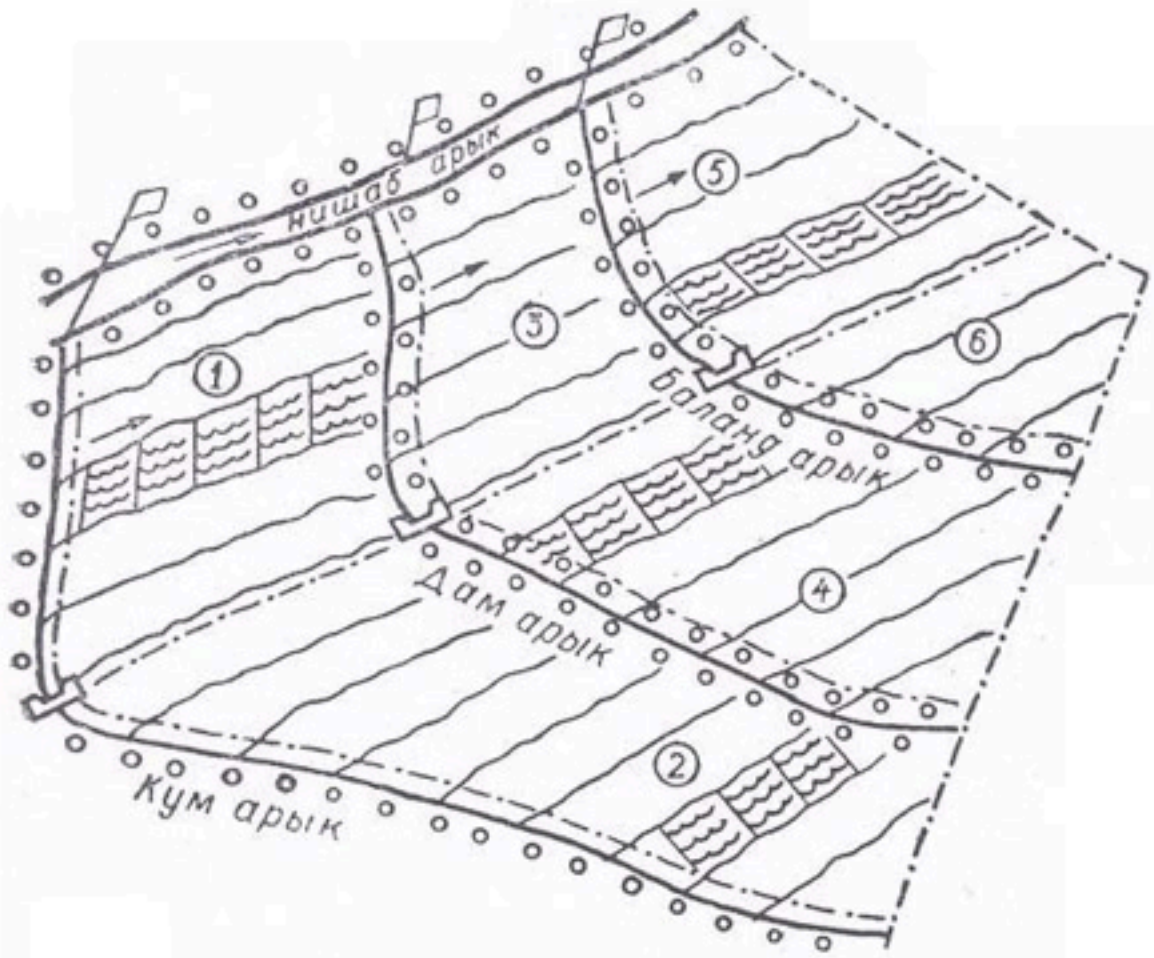
В плане водопользования вегетационного периода предусматриваются вегетационные поливы всех сельскохозяйственных культур, садов, виноградников и прочих насаждений в увязке с междурядной обработкой. В плане осенне-зимнего и ранневесеннего периода предусматриваются промывка засоленных земель, влагозарядочные поливы (яхоб), поливы люцерны, зерновых колосовых, корнеплодов и др.

Для составления плана водопользования по колхозу или совхозу необходимо иметь следующие материалы:

1. Схему-елку оросительной сети хозяйства с показанием протяженности ее (в км) или еще лучше — план земель хозяйства с указанием границ и номеров поливных участков, полеводческих бригад, оросительной, коллекторно-дренажной, сбросной сетей, точек водозабора из межхозяйственных каналов, гидротехнических сооружений, гидрометрических постов, дорог и лесных насаждений. Образец схемы оросительной сети хозяйства показан на рис. 17.

2. План посевных, поливных площадей хозяйства на данный год, утвержденный райисполкомом (колхоз) и управлением совхозов МСХ республики (совхоз) с привязкой площадей сельскохозяйственных культур полеводческих бригад к гидромодульным районам, хозяйственным отводам (внутрихозяйственным распределителям), берущим воду из межхозяйственных каналов.

3. Ведомости режима орошения сельскохозяйственных культур по гидромодульным районам. Режим оро-



Условные обозначения

- границы бригад
- крупные коллекторы
- постоянные распределительные каналы
- временные оросители
- насаждения вдоль каналов
- выводные борозды (ок-арыки)
- поливные борозды (агаты)
- регуляторы-водомеры в точках выдела воды колхозу из межколхозной сети
- водосливы
- бригада

Рис. 17. Схема оросительной сети колхоза.

шения непременно должен быть утвержден министерствами водного и сельского хозяйства республики. (В каждом хозяйстве этих ведомостей должно быть столько, сколько гидромодульных районов).

Ведомости режима орошения приведены в форме 2.

Форма 1

План привязки посевных поливных площадей к оросительной сети в разрезе полеводческих бригад и гидромодульных районов по колхозу, совхозу, отделению на 19 . . .год [4]

№№ пп	Наименование хозяйственного отвода	Номер полеводческой бригады	Номер гидромодульного района	Площади сельскохозяйственных культур				Итого
				хлопчатник	люцерна	бахчи-огороды	сады, виноградники	
1	Кумарык	1	С-6	200	40	—	—	240
		2	С-6					
		Итого						
2	Дамарык	3	С-7					
		4	С-7					
		Итого						
3	Баландарык	5	С-8					
		6	С-8					
		Итого						
		Всего						

Для представления о ведомости режима орошения и учитывая ее важность при составлении плана водопользования, приводим полную ведомость режима орошения по С-6, что означает гидромодульный район № 6 северной климатической зоны.

При любом методе составления плана водопользования для анализа использования воды по декадам должны быть составлены задания по поливам сельскохозяйственных культур. Задания (форма 3) составляются на основе ведомости режима орошения (форма 2) по каждой полеводческой бригаде с привязкой к внутрихозяйственному распределителю. Возможно, что земли бригадного участка относятся к двум или более гидромодульным районам. В этом случае для упрощения составления плана водопользования задания по поливам (форма 3) следует составлять по ведомости режима

орошения (форма 2) того гидромодульного района, который имеет наибольшую площадь сельскохозяйственных культур. По форме 3 подсчитываются декадные

Форма 2

Ведомость режима орошения сельскохозяйственных культур для... климатической зоны и гидромодульного района №

Сельскохозяйственная культура	Площадь, га	Номер полива	Поливная норма, м³/га	Срок полива		Продолжительность полива, сутки	Гидромодуль, л/сек на 1 га	Примечание
				начало	конец			
Хлопчатник	590	1	900	26/V	17/VI	23	0,453	
		2	1000	18/VI	9/VII	22	0,526	
		3	1000	10/VII	29/VII	20	0,579	
		4	1000	30/VII	18/VIII	20	0,579	
		5	800	19/VIII	10/IX	22	0,421	
Люцерна	200	1	900	16/IV	15/V	30	0,347	
		2	1000	16/V	15/VI	31	0,373	
		3	1000	16/VI	10/VII	25	0,463	
		4	1000	11/VII	5/VIII	26	0,446	
		5	1000	6/VIII	5/IX	31	0,373	
Сады, виноградники	30	1	1000	11/VI	10/VII	30	0,386	
		2	1000	11/VII	10/VIII	31	0,373	
		3	1000	11/VIII	15/IX	36	0,322	
Прочие культуры	30	1	900	26/V	20/VI	26	0,401	
		2	900	21/VI	15/VII	25	0,417	
		3	900	16/VII	10/VIII	26	0,401	
		4	900	11/VIII	10/IX	31	0,336	
Рис	100	45% М	13500	1/V	30/VI	61	2,46	
		30% М	9000	1/VII	31/VII	31	3,36	
		20% М	6000	1/VIII	31/VIII	31	2,24	
		5% М	1500	1/IX	15/IX	15	1,157	
Приусадебные	50	Постоянный ток		1/IV	30/IX	183	0,300	
Итого	1000	—	—	—	—	—	—	

Примечание. На каждый гектар приусадебных земель дается постоянным током 0,20—0,30 л/сек воды.

расходы нетто (пользуются вспомогательной таблицей А (табл. 36) (см. пример 12).

Порядок составления задания по поливам (форма 3):

1) определяют суточную площадь полива путем деления площади культуры (графа 2 формы 2) на продолжительность полива (графа 7);

Форма 3

Задания по поливам сельскохозяйственных культур по полеводческой бригаде № 1 колхоза . . . отделения № . . . совхоза . . . на 19 . . . г.

Сельскохозяйственная культура	Площадь, га	Номер полива	Поливные нормы, м³/га	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Хлопчатник	200	1	900						52	87	61										
		2	1000								27	91	82								
		3	1000										10	100	90						
		4	1000												20	100	80				
		5	800														17	96	87		
		Итого							52	87	88	91	92	100	110	100	97	96	87		
	Итого Q нетто								54	90	94	105	106	115	127	115	105	89	81		
Люцерна	40	1	900		7	13	13	7													
		2	1000					6	12	12	10										
		3	1000								8	16	16								
		4	1000											15	17	8					
		5	1000													7	14	14	5		
		Итого			7	13	13	13	12	12	18	16	16	15	17	15	14	14	5		
	Итого Q нетто				7,0	14	14	14	14	14	21	18	16	17	20	17	16	16	6		
	Всего поливать по бригаде				7	14	14	14	64	99	106	107	108	115	127	115	111	110	92		
	Всего по бригаде Q нетто				7,0	14,0	14	14	68	104	115	123	122	132	147	132	121	105	87		

2) умножая суточную площадь полива на число суток полива в каждой декаде (5 и 6 графы формы 2), произведение записывают в соответствующих декадах формы 3 с округлением до целых чисел.

Таблица 36

Вспомогательная таблица А для определения подекадных расходов $Q_{нетто}$ (*л/сек*) в зависимости от поливной нормы (m) [4]

Полив норма, $м^3/га$	Для								
	1 га	2 га	3 га	4 га	5 га	6 га	7 га	8 га	9 га
600	0,69	1,38	2,07	2,76	3,45	4,14	4,83	5,52	6,21
700	0,81	1,62	2,43	3,24	4,05	4,86	5,67	6,48	7,29
800	0,93	1,86	2,79	3,72	4,65	5,88	6,51	7,44	8,37
900	1,04	2,08	3,12	4,16	5,20	6,24	7,28	8,32	9,36
1000	1,15	2,30	3,45	4,60	5,75	6,90	8,05	9,20	10,35
1100	1,27	2,54	3,81	5,08	6,35	7,62	8,89	10,16	11,43
1200	1,38	2,76	4,14	5,52	6,90	8,28	9,66	11,04	12,42
1300	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50
1400	1,62	3,24	4,86	6,48	8,10	9,72	11,34	12,96	14,58
1500	1,73	3,46	5,19	6,92	8,65	10,38	12,11	13,84	15,57
1600	1,85	3,70	5,55	7,40	9,25	11,10	12,95	14,80	16,65
1700	1,96	3,92	5,88	7,84	9,80	11,76	13,72	15,68	17,64
1800	2,08	4,16	6,24	8,16	10,40	12,48	14,40	16,32	18,56
1900	2,20	4,40	6,60	8,80	11,00	13,20	15,40	17,60	19,80
2000	2,30	4,60	6,90	9,20	11,50	13,80	16,10	18,40	20,70

Пример 11. Площадь хлопчатника 200 га; первый полив продолжается 23 суток (см. форму 2).

Задание по поливам будет равно:

за третью декаду мая $(200 : 23) \times 6 = 52$ га

за первую декаду июня $(200 : 23) \times 10 = 87$ га

за вторую декаду июня $(200 : 23) \times 7 = 61$ га

Итого за 23 суток — 200 га

По всем поливам декадные задания составляют по примеру 11 и записывают в строке соответствующих номеров поливов.

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДЕКАДНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ (НЕТТО) НА ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ

Известно, что расход воды на полях орошения ($Q_{нетто}$) определяется по формуле (44), т. е. путем умножения площади сельскохозяйственной культуры на

ее гидромодуль. Однако для этого необходимо сначала определять среднедекадные ординаты гидромодуля. Тем не менее, все равно требуется составить ведомость заданий по поливам (форма 3). Для экономии времени нами предложено расходы нетто определять, пользуясь заданиями на поливы (форма 3) с помощью вспомогательной таблицы А, в которой подекадные расходы нетто даны в литрах в секунду для площадей от 1 до 9 га при поливных нормах от 600 до 2000 м³/га.

С какой цифры начинается число площади, для которого ищется Q нетто, под той цифрой в ряду заданной поливной нормы берется Q нетто с перестановкой запятой вправо для десятков — через один знак, для сотни — через два, для тысячи — через три знака и т. д. Для определения суммарного расхода воды нетто за декаду, цифры, взятые из таблицы А, сразу кладутся на счетах с соответствующей перестановкой запятых мысленно вправо. Итог Q нетто со счетов переносится в последнюю строку формы 3. Такая же операция проделывается вертикально по каждой декаде.

Пример 12. Определить расход Q нетто за вторую декаду июня, пользуясь формой 3 и табл. 36.

Решение: сложить на суммирующей счетной машине или на конторских счетах следующие цифры, взятые из табл. 36 с соответствующей перестановкой запятых вправо:

хлопчатник

для 60 га при m = 900 м³/га — 62,4 л/сек
для 1 га при m = 900 м³/га — 0,93 л/сек
для 20 га при m = 1000 м³/га — 23,00 л/сек
для 7 га при m = 1000 м³/га — 8,05 л/сек

люцерна

для 10 га при m = 1000 м³/га — 11,50 л/сек
для 8 га при m = 1000 м³/га — 9,20 л/сек

Всего по бригаде — 115 л/сек

Для определения головных расходов (Q брутто) и КПД внутрихозяйственных распределителей составляют форму 4, в которую переписывают итоги Q нетто по бригадам из формы 3.

Определение Q нетто, относительных (σ) и абсолютных (S) потерь, Q брутто и КПД производится по всем внутрихозяйственным каналам, берущим воду из межхозяйственного канала. Сумма Q нетто и Q брутто по

Ведомость определения Qн, Qбр. и КПД внутрихозяйственных

№ п/п	Наименование хозяйственного отвода	Длина хозяйственного отвода, км	Номер полеводческой бригады	Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3
1	Кумарык	3	1		7	14	14	14	68
			2		10	20	20	20	75
		Итого Q нетто			17	34	34	34	143
		Относительные потери σ %			20,8	10,4	10,4	10,4	6,4
		Абсолютные потери S л/сек			11	11	11	11	28
		Q брутто			28	45	45	45	171
		КПД Кумарыка			0,60	0,75	0,75	0,75	0,84

всем внутрихозяйственным каналам представляет собой плановое водопотребление хозяйства нетто и брутто.

Когда водопотребление (нетто) полеводческой бригады меньше 100 л/сек, рекомендуется между бригадами устанавливать очередное водопользование (водооборот) с целью уменьшения потерь оросительной воды и увеличения производительности на поливе. (В нашем примере (форма 4) до 1 июня.) При стопроцентной водообеспеченности и плановом водопотреблении более 100 л/сек с целью лучшей увязки поливов с обработками целесообразно бригадам подавать воду постоянным током.

ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ВОДООБОРОТ

На водообеспеченных системах в вегетационный период хозяйства и полеводческие бригады могут получать воду согласно плану водопользования постоянным током. Очередность в подаче воды существует только между полями севооборота, поливными участками (картами полива и обработок).

Источники орошения бывают: снегового происхождения (реки Ангрен, Шерабад, Кашкадарья, Кассансай, Гавасай и др.); ледникового (реки Зарафшан, Нарын, Сох, Шахимардан, Исфара и др.) и промежуточного происхождения (реки Чирчик, Аксу, Исфайрам, Карадарья и др.).

На системах снегового происхождения острый недо-

Форма 4

распределителей колхоза . . . . . , совхоза . . . . . [4]

Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
104	115	123	122	132	147	132	121	105	87	—	—
110	120	135	145	150	160	150	145	110	110	—	—
214	235	258	267	282	307	282	266	215	187	—	—
5,1	4,7	4,72	4,74	4,18	4,2	4,18	4,70	5,10	5,15	—	—
33	33	36	38	35	39	35	37	33	29	—	—
247	268	294	305	317	346	317	303	248	216	—	—
0,87	0,88	0,88	0,87	0,89	0,89	0,89	0,88	0,76	0,66	—	—

статок воды (критический период) наступает примерно с 15 июня, а на системах ледникового питания — весной. На реках промежуточного происхождения недостаток воды ощущается в августе (Сырдарья, Карадарья). Критический период на системах ледникового питания приходится на весну.

В критические периоды управления оросительных систем вносят коррективы в план водопользования, умножая декадные расходы брутто при оптимальном водопотреблении (форма 4) на коэффициенты водообеспеченности [1]. Если водообеспеченность падает до 70% и ниже, то возникает необходимость введения водооборота. Водооборот вводится между различными чередующимися единицами — между районами, магистральными каналами или межхозяйственными распределителями, совхозами и колхозами в зависимости от остроты маловодья — коэффициента водообеспеченности.

Элементами водооборота называется совокупность числа тактов (N), периода водооборота ($t_в$), срока действия в водообороте чередующейся единицы ($t_д^n$) и действующего расхода воды, необходимого в очереди данной единицы ($Q_д^n$).

Число тактов (очередей) в водообороте (теоретически) определяется путем деления максимальной ординаты

[1] Коэффициентом водообеспеченности называется отношение дебита источника орошения за период к плановому водопотреблению за этот же период.

графика гидромодуля на ординату периода, в котором вводится водооборот. Так, например:

$q_{max} = 0{,}70$ л/сек на 1 га; $q_{пер} = 0{,}35$ л/сек на 1 га;

число тактов $N = \frac{q_{max}}{q_{пер}} = \frac{0{,}70}{0{,}35} = 2$ такта.

Практически чередующиеся единицы могут установиться автоматически. Так, например, в нашем примере из Кумарыка питаются две полеводческие бригады, между которыми вводится водооборот в апреле и мае, по декадам.

Период водооборота — цикл, в течение которого вода делает полный оборот между чередующимися единицами — бригадами, колхозами, отделениями совхоза, каналами, севооборотными массивами и полями.

Период водооборота ($t_в$) при введении внутрихозяйственного водооборота рекомендуется принимать десять суток.

Срок действия ($t_д^n$) чередующейся единицы — часть цикла (периода) водооборота, в течение которого действующий расход воды при водообороте ($Q_д$) полностью поступает на поля орошения данной чередующейся единицы.

$$t_д^n = \frac{t_b \cdot Q^n}{\Sigma Q} \qquad (47),$$

где

Q^n — плановый декадный расход воды чередующейся единицы, м³/сек или л/сек;

ΣQ — сумма плановых декадных расходов воды всех чередующихся единиц в водообороте, м³/сек или л/сек.

Пример 13. Вводим водооборот во второй декаде мая между первой и второй бригадами, питающимися из Кумарыка (форма 4), имеющими соответственно расходы при постоянном токе 14 и 20 л/сек. Определить срок действия каждой бригады, если период водооборота равен десяти суткам.

Решение:

$$t_д^{I} = \frac{t_b \cdot Q^{I}}{\Sigma Q} = \frac{10 \times 14}{14 + 20} = \frac{140}{34} \approx 4 \text{ суток}$$

$$t_д^{II} = \frac{t_b \cdot Q^{II}}{\Sigma Q} = \frac{10 \times 20}{14 + 20} = \frac{200}{34} \approx 6 \text{ суток}$$

Следовательно, продолжительность получения воды первой бригадой — четверо суток, второй бригадой — шесть суток.

Действующий расход воды при водообороте ($Q_д$).

Определяется по формуле, предложенной профессором Г. К. Ризенкампфом:

$$Q_g = Q \cdot \frac{t_b}{t_д} \qquad (48),$$

где

Q — плановый расход воды при постоянном токе, м³/сек или л/сек;

$\frac{t_b}{t_д}$ — коэффициент водооборота (по терминологии Г. К. Ризенкампфа).

Пример 14. Пользуясь формулой (48), определить действующий расход воды при водообороте, потребный для полива намеченной площади в период $t_д$

Решение: $Q^{I}_{д} = 14 \cdot \frac{10}{4} = 35$ л/сек (бригада I);

$$Q^{II}_{д} = 20 \cdot \frac{10}{6} = 33 \text{ л/сек (бригада II).}$$

Следовательно, действующим расходом на полях обеих бригад в период водооборота будет наибольший расход 35 л/сек. При самотечном орошении в бригаде одновременно будет работать один временный ороситель расходом в 33—35 л/сек.

ВОЗМОЖНЫЕ СЛУЧАИ ВОДООБОРОТА

Первый случай. Вода во внутрихозяйственный распределитель в течение вегетационного периода поступает постоянным током. Водооборот может быть введен между двумя полеводческими бригадами, земли которых питаются из данного внутрихозяйственного распределителя (примеры 13 и 14).

Второй случай. Вода (Q лимит) [1] во внутрихозяйственный распределитель в течение вегетационного периода

[1] Q лимит — лимитированный расход, отпускаемый управлением оросительных систем по режиму источника орошения — по проценту водообеспеченности.

поступает постоянным током. Из внутрихозяйственного распределителя питаются земли ряда полеводческих бригад. В этом случае водооборот устанавливается между группами бригад.

Пример 15. Из внутрихозяйственного распределителя питаются земли четырех полеводческих бригад, которым по форме 3 за вторую декаду июня следовало бы иметь на своих полях расходы нетто, соответственно: 115, 120, 150, 150 л/сек, в сумме 535 л/сек. КПД внутрихозяйственного распределителя — 0,88. Плановый головной расход распределителя Q брутто $= 535 : 0{,}88 =$ $= 610$ л/сек. При 61% водообеспеченности $Q_л = 610 \times$ $\times 0{,}61 = 372$ л/сек. Установить двухтактный водооборот при периоде водооборота, равном десяти суткам.

Решение: 1) по расположению земельных участков и плановому водопотреблению нетто компануем первую и третью бригады в первую очередь и вторую и четвертую бригады — во вторую очередь.

Следовательно $Q_{\text{нетто}}^{\text{I очер.}} = 115 + 150 = 265$ л/сек,

$Q_{\text{нетто}}^{\text{II очер.}} = 120 + 150 = 270$ л/сек.

2) определяем (по примеру 13) $t_д^{\text{I очер.}} = 5$ суток;

$t_д^{\text{II очер.}} = 5$ суток;

3) действующий расход при водообороте определяем по формуле (48):

$$Q_д = 270 \cdot \frac{10}{5} = 540 \text{ л/сек.}$$

Отпускаемый лимит 372 л/сек, поскольку при введении водооборота КПД увеличивается до 20—30%, то можно полить запланированную площадь сельскохозяйственных культур.

4) распределение лимита между бригадами производится по формуле:

$$Q_л^п = \frac{Q_л \cdot Q^п}{\Sigma Q} \quad \ldots\ldots (49),$$

где

$Q_л^п$ — доля лимита, причитающаяся данной бригаде в очередь, л/сек;

$Q_л$ — лимит, действующий при водообороте, в нашем примере $Q_л = 372$ л/сек;

$Q_п$ — плановый декадный расход воды (нетто или брутто) данной бригады (берется из формы 3):

ΣQ — сумма плановых декадных расходов воды бригад, получающих воду в одной очереди, л/сек;

Вододеление между бригадами первой очереди по формуле (49):

Первая бригада получает: $Q_л^{I\ бр} = \frac{372 \times 115}{115 + 150} = 162$ л/сек.

Третья бригада получает: $Q_л^{III} = \frac{372 \times 150}{115 + 115} = 210$ л/сек.

Контроль вододеления: $162 + 210 = 372$ л/сек (лимит).

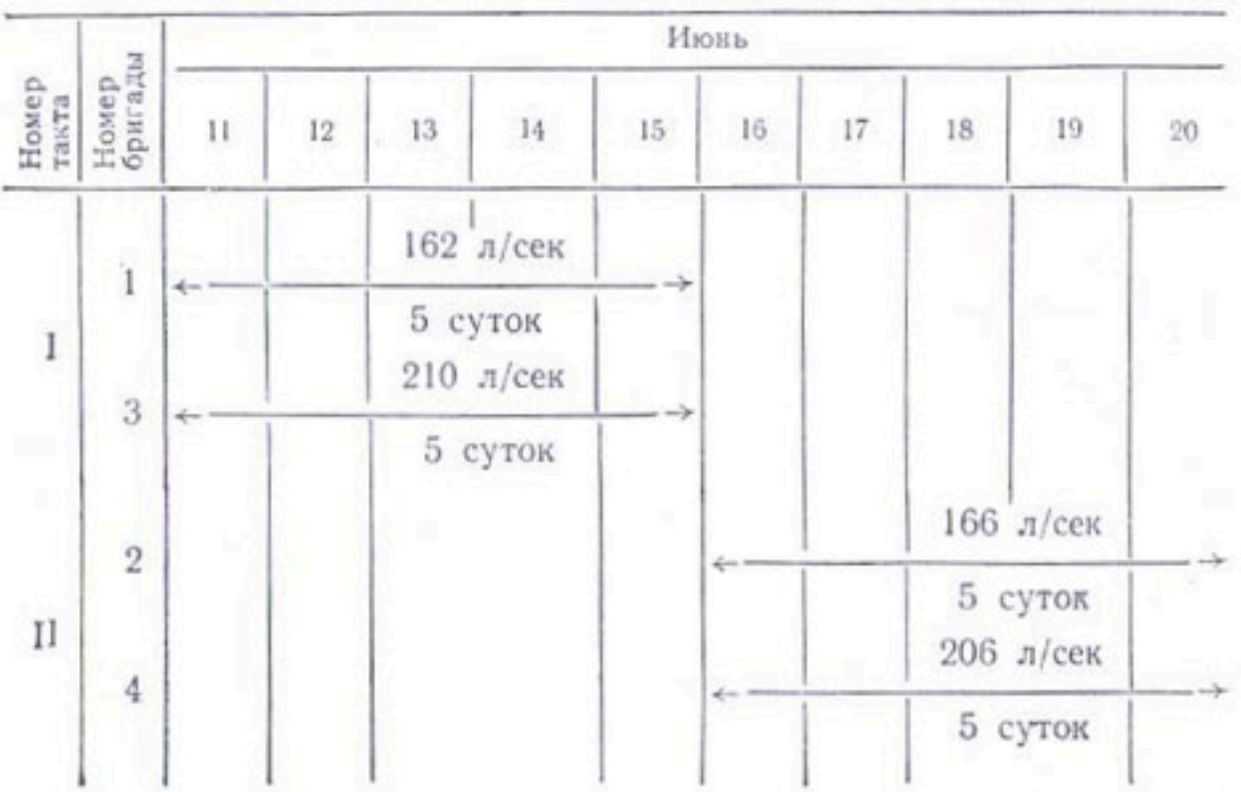
Вододеление между бригадами второй очереди по формуле (49):

Вторая бригада получает: $Q_л^{II\ бр} = \frac{372 \times 120}{120 + 150} = 166$ л/сек;

Четвертая бригада получает: $Q_л^{IV\ бр} = \frac{372 \times 150}{120 + 150} = 206$ л/сек;

Контроль вододеления: $166 + 206 = 372$ л/сек (лимит).

График водооборота по внутрихозяйственному распределителю Кумарык, головной расход которого при постоянном токе 610 л/сек, лимит — 372 л/сек



Третий случай. Хозяйство имеет лимит в получении расхода воды из межхозяйственного канала в соответствии с режимом источника орошения. Водооборот устанавливается между внутрихозяйственными каналами. Коэффициент водообеспеченности критического периода 0,60—0,50.

Пример. 16. Колхоз пользуется водой из четырех внутрихозяйственных распределителей, в голове которых при стопроцентной водообеспеченности за вторую декаду июля полагалось получать средние расходы брутто:

по Кумарыку	400 л/сек
по Дамарыку	400 л/сек
по Баландарыку	320 л/сек
по Каирмаарыку	480 л/сек
Итого	1600 л/сек

При 50% водообеспеченности отпущен лимит 800 л/сек. Периодом водооборота задаемся, $t_в = 10$ суток. Определить сроки действия каждого распределителя при четырехтактном водообороте, т. е. при введении водооборота между внутрихозяйственными распределителями.

Решение: Действуя по примеру 13, определяем:

$t_д^{I} = \frac{10 \times 400}{1600} = 2{,}5$ суток — срок действия Кумарыка,

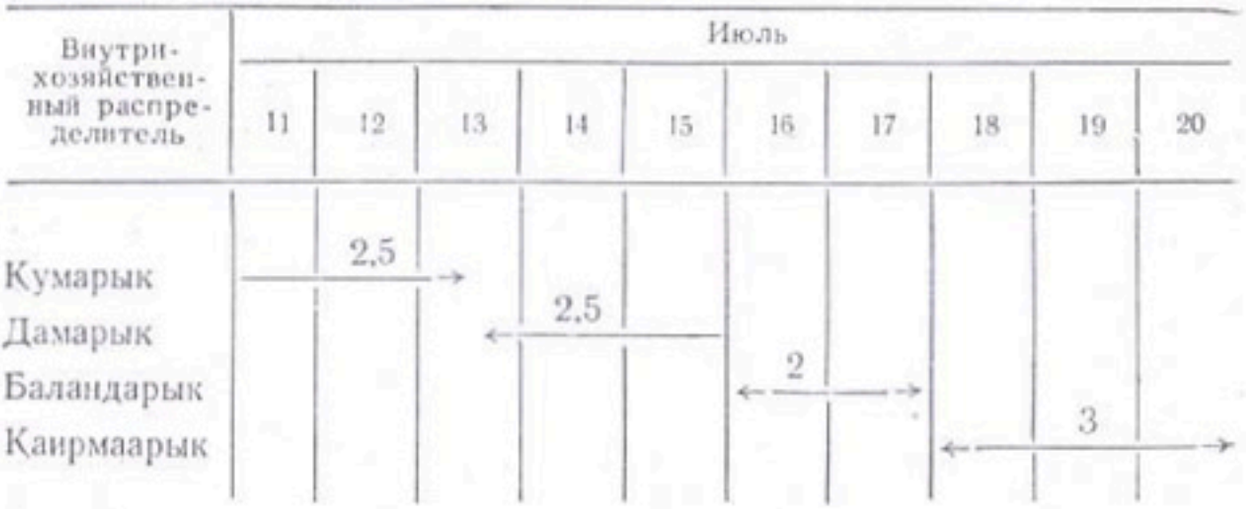
$t_д^{II} = \frac{10 \times 400}{1600} = 2{,}5$ суток — срок действия Дамарыка,

$t_д^{III} = \frac{10 \times 320}{1600} = 2{,}0$ суток — срок действия Баландарыка,

$t_д^{IV} = \frac{10 \times 480}{1600} = 3{,}0$ суток — срок действия Каирмаарыка.

Поскольку каждый внутрихозяйственный распределитель весь лимит воды получает водооборотом на короткий срок (на 2; 2,5; 3 суток), то в этом случае все бригады, земли которых закреплены за действующим внутрихозяйственным распределителем, получают свою долю, исчисляемую по примеру 15. Причем в каждой бригаде

График водооборота между внутрихозяйственными распределителями



полив должен вестись сосредоточенно — с минимальным показателем распыления полива (ПРП).

Четвертый случай. Коэффициент водообеспеченности системы в пределах 0,50—0,40; водооборот вводится между колхозами или отделениями совхоза. Совхоз получает воду постоянным током. И в этом случае, как и в предыдущих случаях, группа колхозов или совхозов имеет лимит, исчисленный путем умножения декадного расхода брутто при нормальном водопотреблении на коэффициент водообеспеченности.

Пример 17. Лимит совхоза за вторую декаду июля — 3,7 м³/сек. В совхозе имеются четыре хлопководческих отделения с водопотреблением брутто при стопроцентной водообеспеченности:

отделение № 1	2,20 м³/сек
отделение № 2	2,20 м³/сек
отделение № 3	1,50 м³/сек
отделение № 4	1,50 м³/сек

В этом случае в совхозе может быть применен либо двухтактный, либо четырехтактный водооборот. При двухтактном водообороте одновременно работает оросительная сеть двух отделений, следовательно, суммарная длина одновременно работающей сети примерно в два раза короче и расходы воды примерно в два раза больше, чем когда нет водооборота. При четырехтактном водообороте одновременно под водой будет находиться оросительная сеть только одного отделения с расходом воды, примерно в два раза большим, чем при двухтакт-

ном водообороте. Следовательно, КПД при четырехтактном водообороте больше и потерь меньше примерно в два раза, чем при двухтактном водообороте.

Однако следует помнить, что при четырехтактном водообороте за счет частого переключения воды и продолжительного стояния каналов без нее потери увеличиваются. Зато четырехтактный водооборот имеет еще одно преимущество — больше выхода площадей из-под полива на одном отделении.

При выборе вариантов водооборота следует взвешивать преимущества и недостатки каждого варианта.

Решения. 1) Сроки действия отделений совхоза при двухтактном водообороте определяются по примеру 15 и формуле (49). При двухтактном водообороте компануем 1 и 2 отделения в первую очередь, 3 и 4 отделения — во вторую.

Первая очередь получает весь лимит:

$$t_д^{I} = \frac{10 \cdot (2{,}20 + 2{,}20)}{7{,}40} \approx 6{,}0 \text{ суток.}$$

Вторая очередь

$$t_д^{II} = \frac{10 \cdot (1{,}5 + 1{,}5)}{7{,}40} \approx 4{,}0 \text{ суток}$$

Контроль: $t_b = t_д^{I} + t_д^{II} = 6 + 4 = 10$ суток

Вододеление между отделениями производится по формуле (49): I отделение получает от лимита (3,7 м³/сек):

$$Q^{I\ отд} = \frac{Q_л \cdot Q^n}{\Sigma Q} = \frac{3{,}7 \times 2{,}2}{2{,}2 + 2{,}2} = \frac{8{,}14}{4{,}4} = 1{,}85 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

II отделение получает воду от лимита также:

$$Q^{II\ отд} = \frac{Q_л \cdot Q^n}{\Sigma Q} = \frac{8{,}7 \times 2{,}2}{2{,}2 + 2{,}2} = 1{,}85 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Контроль: $Q_л = Q^{I\ отд} + Q^{II\ отд} = 1{,}85 + 1{,}85 = 3{,}7$ м³/сек.

2) При четырехтактном водообороте каждое отделение получает весь лимит на срок:

I отделение $t_д^{I\ отд} = \frac{10 \times 2{,}2}{7{,}4} = 3$ суток

II отделение $t_д^{II\ отд} = \frac{10 \times 2{,}2}{7{,}4} = 3$ суток

III отделение $t_д^{\text{III отд}} \frac{10 \times 1,5}{7,4} = 2$ суток

IV отделение $t_д^{\text{IV отд}} \frac{10 \times 1,5}{7,4} = 2$ суток

Контроль: $t_b = 3 + 3 + 2 + 2 = 10$ суток.

УВЯЗКА ПОЛИВА С ОБРАБОТКАМИ

Культивация междурядий на посевах технических пропашных культур (хлопчатник, сахарная свекла, кенаф, кукуруза, джугара) в период наступления спелости почвы после полива имеет решающее значение для получения высоких урожаев. Ферганская опытная станция СоюзНИХИ показала, что глубокая своевременная культивация, помимо экономии воды, обеспечивает повышение урожайности на 60%.

При повторных поливах без обработок полив на 80% не достигает своей цели. При своевременной послеполивной обработке (культивации) хлопчатника и других пропашных культур обеспечивается воздушный, тепловой и питательный режимы, способствующие нормальному произрастанию растений.

Послеполивная обработка почвы уменьшает испарение с поверхности почвы, замедляет подъем солей кверху по капиллярам. Запоздавшая послеполивная обработка вместо пользы может принести вред.

Более интенсивное испарение влаги с поверхности почвы (без обработок) сокращает межполивной период — увеличивает количество поливов, что, в свою очередь, потребует дополнительных водных ресурсов.

Увязка полива с обработками может производиться в бригаде, на севооборотном массиве, в отделении совхоза, по совхозу и колхозу в целом, за период полива, при постоянном токе или при водообороте.

В современных условиях полеводческая бригада является единицей водопользования, основной производственной единицей в хозяйстве. Поэтому увязка полива с обработками рассматривается по бригадам.

Основной принцип в увязке полива с обработками — равенство суточной площади полива суточной площади обработки.

Процесс увязки полива с обработками сводится к:

1) определению суточного расхода воды, потребного для полива той площади хлопчатника и других пропашных культур, которая намечена к поливу;

2) установлению потребного количества пропашных тракторов, необходимого для нарезки борозд, продольной и поперечной культиваций.

Суточный расход воды ($Q_{сут}$) определяется по известной формуле:

$$Q_{сут} = \frac{m}{86{,}4} \cdot \frac{\Omega_x}{t}. \quad \ldots\ldots \quad (50),$$ где

m — поливная норма, м³/га;

Ω_x — площадь культуры данного номера полива;

t — продолжительность данного номера полива в сутках, (форма 2).

При перекрестной обработке хлопчатника и других пропашных культур потребное количество пропашных тракторов определяется по формуле:

$$T = \frac{9\Omega x}{t\left(\omega_o^{п} + \omega_o^{пр} + \omega^{п}\right)}. \quad \ldots\ldots \quad (51),$$

где

$\omega_0^{н}$ — производительность пропашного трактора при нарезке борозд за рабочий день, га;

$\omega_0^{пр}$ — производительность пропашного трактора при продольной культивации за рабочий день, га;

$\omega_0^{п}$ — производительность пропашного трактора при поперечной культивации за рабочий день, га

Средняя суточная производительность пропашного трактора будет равна: $\frac{\omega_0^{н} + \omega^{пр} + \omega_0^{п}}{3}$.

Пример 18. В полеводческой бригаде имеется 200 га хлопчатника, второй полив которого должен завершиться за 16 суток. Производительность пропашного трактора за рабочий день по нарезке борозд — 14 га, по продольной культивации — 12 га и по поперечной культивации — 10 га.

Определить потребное количество пропашных тракторов, при работе которых не будет недопустимого разрыва между поливами и обработками.

Решение:

$$T = \frac{9 \times 200}{16\,(14 + 12 + 10)} = \frac{1800}{540} = 3 \text{ трактора.}$$

Следовательно, в бригаде достаточно иметь три трактора, имеющих вышеприведенную производительность. При широкорядных посевах с междурядьем 80, 90, 100 см и при поливе дождеванием дождевальным агрегатом ДДА-100М отпадает поперечная культивация, тогда формула (51) принимает вид:

$$T = \frac{4\Omega_x}{t\left(\omega_0^{\text{н}} + \omega_0^{\text{пр}}\right)} \quad \ldots\ldots (52).$$

Пример 19. В полеводческой бригаде, имеющей 200 га хлопчатника, второй полив его завершается за 16 суток, производительность трактора за рабочий день при нарезке борозд — 14 га и при продольной культивации — 12 га (поперечная обработка не производится).

Определить количество потребных пропашных тракторов, пользуясь формулой (52).

Решение: $T = \frac{4 \times 200}{16\,(14 + 12)} = \frac{800}{416} = 1{,}92 \approx 2$ трактора.

Следовательно, при прочих равных условиях, если поперечная обработка отсутствует, вместо трех тракторов бригада может обходиться двумя пропашными тракторами.

Известно, что после полива с наступлением спелости почвы, через два-три дня начинается культивация. Желательно сначала произвести поперечную, а потом продольную культивацию.

При безочередном (непрерывном) водопользовании, когда в каждой бригаде ежедневно поливается небольшая площадь, несоответствующая производительности трактора, возможны два случая использования машинно-тракторного парка.

Первый случай. Послеполивная культивация производится своевременно, вслед за поливом (с перерывом на поспевание почвы) также ежедневно, но малыми площадями во всех бригадах. Тогда трактора во избежание простоя должны непрерывно переезжать из бригады в бригаду (если трактора не закреплены за бригадой), теряя и время и горючее на холостые пробеги.

Второй случай. Послеполивная обработка задерживается, производится несвоевременно вследствие того, что трактора работают в одной бригаде до тех пор, пока не обработают в ней все политые за несколько суток (четверо-пятеро суток) поливные участки сразу, а затем уже переходят в другие бригады, где также производился полив, наступила спелость почвы и она ждет своей очереди тракторной обработки.

Если проанализировать оба случая, картина будет такова: в первом случае культивация проводится своевременно, но непроизводительно используется техника, с перерасходом горючего на холостые пробеги. Во втором случае при хорошем использовании тракторных агрегатов обработка производится несвоевременно, с опозданием.

Очевидно, ни то, ни другое положение с хозяйственно-экономической точки зрения неприемлемо. Воду в поливодческие бригады, на севооборотные поля, поливные участки (карты) необходимо подавать сосредоточенно, соблюдая очередность, производя при этом своевременный полив и последовательную обработку, чем будут достигнуты наиболее эффективное использование оросительной воды, машинно-тракторного парка, трудовых ресурсов и наибольшая урожайность.

При водообороте нарезка борозд и культивация должны тесно увязываться по срокам проведения с очередностью полива, а размеры поливаемой в бригаде за очередь площади должны отвечать дневной производительности трактора.

Тракторы в порядке установленного плана должны обрабатывать определенные поля и передаваться из бригады в бригаду в соответствии с установленными на воду очередями.

Культивацию политой в бригаде за очередь площади следует производить в течение одного-двух дней по наступлении спелости почвы. Чем скорее будет завершена обработка политой площади, тем лучше в смысле сохранения влаги в почве и создания благоприятных условий для хлопчатника и других пропашных культур.

Каждый колхоз и совхоз, отделение и бригада должны хорошо знать, сколько нужно им тракторов на весь период вегетации вообще и в отдельные периоды поливов в частности.

ПЛАН ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ОСЕННЕ-ЗИМНЕГО И РАННЕВЕСЕННЕГО ПЕРИОДА

Как показано в табл. 14, картофель поздний продовольственный и семенной, томаты, баклажаны, перец поливаются до 10 октября; капуста поздняя и огурцы поздние — до 20 октября; картофель ранний и столовые корнеплоды ранние сажают с первого марта по 15 марта. Если в эти периоды нет осадков (почва сухая), то почву увлажняют поливными нормами 600—700 м³/га.

Люцерне и зерновым озимым предпосевной полив (01) дается нормами 1000 м³/га с 1 по 15 октября. Первый и второй увлажнительные поливы нормами 900 м³/га люцерна получает с 1 по 20 октября. Осенняя промывка засоленных земель под хлопчатник нормами 1500—3000 м³/га и более в зависимости от степени засоленности почвы проводится с 1 ноября по 15 декабря (до наступления устойчивых морозов). Кроме того, в плане осенне-зимнего и ранневесеннего периодов предусматриваются расходы воды для животноводческой фермы, на нужды колхозников, рабочих совхозов (для полива приусадебных участков) для хозяйственных нужд (мельница, рисорушка, электростанция и др.).

На системах с незасоленными землями, с глубоким залеганием уровня грунтовых вод даются влагозарядочные поливы (яхоб) нормой 1000—1200 м³/га в период с 15 ноября до 15 декабря. Яхоб гарантирует ровные всходы хлопчатника, особенно там, где весной мало выпадает осадков и не хватает речной воды на предпахотные и предпосевные поливы.

План осенне-зимних и ранневесенних поливов в основном может состоять из двух форм.

На основе формы $^1/_2$ составляют задания по поливам (форма 3) по бригадам и, пользуясь табл. 36, определяют расходы нетто на полях орошения. Далее составляется форма 4 в зависимости от полученных расходов при непрерывном водопользовании и величины отпускаемого районным управлением оросительных систем лимита решается вопрос о введении водооборота между внутрихозяйственными каналами или полеводческими бригадами.

Поскольку за короткие промежутки времени осенью и весной приходится промывать довольно большие площади, введение водооборота ограничивается пропускной

способностью каналов внутрихозяйственного значения. Поэтому большей частью водооборот устанавливается либо между бригадами, либо между группами бригад в зависимости от их водопотребления брутто при непрерывной (условной) водоподаче (форма 3).

Форма 3 составляется по всем бригадам. На основе этой формы составляется форма 4 тем же методом, что

Форма 1/2

План (примерный) **осенне-зимних и ранневесенних поливов по колхозу . . . . . отделению совхоза . . . . . .**

Сельскохозяйственные культуры и хозяйственные надобности	Площадь полива, га	Наименование полива	Номер полива	Поливная норма, м³/га	Сроки полива		Продолжительность полива, сутки
					начало	конец	
Промывка засоленных земель	2000	Промывка	1	2000	1/XI	15/XI	15
Зерновые озимые	100	Предпосевной	01	1000	1/X	15/X	15
Люцерна	50	Предпосевной	01	1000	1/X	15/X	15
Люцерна	50	Увлажнительный	1	900	1/X	20/X	20
На нужды животноводческой фермы	—	Постоянный ток, 10 л/сек		—	1/X	1/IV	
На поливы приусадебных участков	50	Постоянный ток, 25 л/сек		—	1/X	1/XII	
Промывка засоленных земель	2000	Промывка	2	2000	1/III	15/III	15
Для хозяйственных нужд	—	Постоянный ток, 200 л/сек		—	1/X	1/XII	61
Сады фруктовые	50	Увлажнительный	1	1000	15/XI	1/XII	16

[1] Форма 1/2 объединяет две формы — 1 и 2.

и в плане водопользования вегетационного периода. При составлении формы 4 площади сельскохозяйственных культур полеводческих бригад в сумме должны быть равны площадям, приведенным в форме 1/2. При малых расходах и большой пропускной способности каналов вводится водооборот между отделениями совхоза, группами бригад.

Форма 3

Задания по поливам на осенне-зимний и ранневесенний периоды по бригаде № . . . колхоза отделения № совхоза [4]

Наименование поливов	Площадь, га	Поливная норма, м³/га	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Февраль			Март		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Промывка засоленных земель	500	2000				332	168										
Зерновые озимые	100	1000	66	34	—	—	—										
Люцерна, предпосевной полив	50	1000	34	16													
Люцерна, увлажнительный полив	50	900	25	25													
Промывка засоленных земель	500	2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	332	168	—
Сады фруктовые	25	1000					8	17									
Итого	775	—	125	75	—	332	176	17	—	—	—	—	—	—	332	168	
Итого Q нетто *л/сек*	—	—	141	84	—	764	396	20	—	—	—	—	—	—	764	386	
На нужды животноводческой фермы *л/сек*			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
На поливы приусадебных земель *л/сек*		—	25	25	25	25	25	25									
Для хозяйственных нужд *л/сек*	—	—	200	200	200	200	200	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма Q нетто	—	—	376	319	235	999	630	255	10	10	10	10	10	10	774	396	10

СОСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПЛАНА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В большинстве случаев административные районы требуют от управления межрайонных каналов (УМРК) или от областных управлений оросительных систем (ОблУОСов) выделения положенного лимита воды по каждому магистральному каналу или межхозяйственному распределителю в разрезе декад. Имея подсчитанные расходы воды нетто и КПД (40), (41), (42), (43) по вышеуказанным каналам и разделив Q нетто на КПД, получим головные расходы Q брутто каналов. Их можно определить также путем прибавления потерь к суммарному расходу Q нетто на полях орошения.

Для удобства в оперативных расчетах следует определять (по декадам) КПД оросительных систем районов путем деления суммарного расхода воды на полях орошения района на суммарные расходы воды в точках водовыдела району.

По системе каждого магистрального канала должна быть составлена ведомость вододеления (форма 1 с.) в разрезе административных районов. В этой ведомости по декадам должны быть установлены расходы брутто при нормальном водопотреблении с непрерывной водоподачей в период вегетации в соответствии с оптимальным режимом орошения сельскохозяйственных культур (числитель) и процент от суммарного водопотребления брутто системы (знаменатель). При изменении режима источника орошения (реки) вододеление производится пропорционально этим процентам. Ниже (в форме 1 с.) приведен пример вододеления по оптимальному режиму орошения по системе магистрального канала «К», при непрерывной водоподаче в период вегетации.

Пример 20. За третью декаду июля коэффициент водообеспеченности равен 0,70. Определить лимиты воды, выделяемые районам за третью декаду июля.

Решение:

Район А получает $10 \times 0{,}70 = 7$ м³/сек;
Район Б получает $15 \times 0{,}70 = 10{,}5$ м³/сек;
Район В получает $12 \times 0{,}70 = 8{,}4$ м³/сек;
Район Г получает $8 \times 0{,}70 = 5{,}6$ м³/сек;

Итого 31,5 м³/сек.

Контроль: $45 \times 0{,}70 = 31{,}5$ м³/сек.

Форма 1 с.

Ведомость вододеления по системе магистрального канала «К»

Административный район	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
А											10 / 22,3%							
Б											15 / 33,4%							
В											12 / 26,6%							
Г											8 / 17,7%							
Итого											45 / 100%							

Каждый административный район, получив свой лимит от системы в соответствии с режимом (дебитом) источника орошения, решает вопрос о водообороте внутри района. Районное управление оросительных систем на утверждение райисполкома может представить план водооборота между колхозами, их группами, между совхозами с учетом всех технических соображений с тем, чтобы уменьшить потери при прогоне воды по каналам и получить больше выхода площадей из-под полива.

Пример 21. Коэффициент водообеспеченности катастрофически низок, равен 0,50. Областные организации приняли решение ввести двухтактный водооборот между районами при периоде водооборота, равном десяти суткам. Определить продолжительность каждого такта (очереди), если районы А и Б воду получают в первую очередь, районы В и Г — во вторую очередь.

Решение: 1) действующий расход воды при водообороте (лимит) равен $45 \times 0{,}50 = 22{,}5$ м³/сек. Этот лимит получают районы А и Б на срок:

$$t_д^{I} = \frac{t_b \cdot Q^{I}}{\Sigma Q} = \frac{10 \times 25}{45} = 5{,}55 \text{ суток}$$

районы В и Г получают лимит на срок:

$$t_д^{II} = \frac{t_b \cdot Q^{II}}{\Sigma Q} = \frac{10 \times 20}{45} = 4{,}45 \text{ суток.}$$

В связи с некоторыми особенностями районов сроки получения воды округлены в пользу районов, входящих во второй такт, т. е. срок действия первого такта — 5,5 суток, второго такта — 4,5 суток.

Вододеление между районами:

Первая очередь:
- район А получает воды $Q_A = \frac{22{,}5 \times 10}{25} = 9$ м³/сек
- район Б получает воды $Q_Б = \frac{22{,}5 \times 15}{25} = 13{,}5$ м³/сек

Вторая очередь:
- район В получает воды $Q_B = \frac{22{,}5 \times 12}{20} = 13{,}5$ м³/сек
- район Г получает воды $Q_Г = \frac{22{,}5 \times 8}{20} = 9{,}0$ м³/сек.

Основой плана водопользования как в колхозах, совхозах так и по системе в целом, являются подекадные расходы, установленные по оптимальному режиму орошения при принятой технике полива. Расходы воды, приведенные в форме 1 с. в разрезе районов, являются итогами водопотребления колхозов, совхозов по межхозяйственным каналам. РайУОС должно иметь ведомость подекадного водопотребления брутто хозяйств по каждому межхозяйственному каналу. Эта ведомость составляется на основе хозяйственных планов водопользования.

Увязка режима водопотребления хозяйств и районов с режимом источника орошения (реки) является одной из важнейших систематически выполняемых функций управлений оросительных систем. Это особенно важно в отношении рек, режим которых не совпадает во времени с режимом орошения сельскохозяйственных культур и сток реки не зарегулирован — нет водохранилища, из которого можно было бы выделять попуски для покрытия дефицита в плановом водопотреблении.

Расчетный режим реки [27], на основе которого составляется план водораспределения по системе, колеблется как по временам года, так и в разные годы. Поэтому из наблюденных за ряд лет средних расходов по декадам при помощи гидрологических приемов устанавливают расчетные расходы.

Существует два метода выбора расчетного года: арифметический и геометрический.

Арифметическим методом вычисляют расчетные годы — среднеарифметический, вышесредний и нижесредний. Среднеарифметический (расчетный) год получают делением суммы расходов воды за период (декаду) по годам на число лет наблюдений. Вышесреднеарифметический расход получают делением суммы всех расходов, по величине превышающих среднеарифметический, на количество этих расходов. Нижесреднеарифметический расход получают делением суммы расходов, по величине не превышающих среднеарифметический, на количество этих расходов.

Геометрический метод определения расчетного режима реки имеет три вида:

1) медианный, близкий к среднему расходу по проводившимся за ряд лет наблюдениям;

2) первый квартильный, соответствующий среднему

расходу из ряда маловодных лет (по величине он ниже медианного);

3) второй квартильный, соответствующий среднему расходу из ряда многоводных лет (по величине он выше медианного).

Выбор расчетного года (арифметического, геометрического, маловодного и многоводного) осуществляется на основе прогноза о водоносности рек за предстоящий вегетационный период. (Прогноз дается Единой гидрологометеорологической службой (ЕГМС) при Совете Министров республики).

Пример 22. По реке N имеем наблюденные и зарегистрированные гидрометрические данные за 13 лет. Определить расчетный режим реки.

Приведем среднеарифметические расходы по отдельным декадам за указанный ряд лет. Здесь (для простоты) выписываем расходы только за одну декаду, но за все годы наблюдений. Предположим, что это будет вторая декада августа по всем годам наблюдений. Сначала выписываем эти расходы в последовательном порядке по годам наблюдений.

Решения: 1. Среднеарифметический расчетный расход

$$Q_{ср} = \frac{\Sigma Q}{n} = 145{,}6 \text{ м}^3/\text{сек},$$

где n — число лет наблюдений — 13.

2. Вышесреднеарифметический расход определяется путем деления всех расходов выше 145,6 м³/сек на число этих расходов, он равен 168,7 м³/сек.

3. Нижесреднеарифметический расход определяется путем деления всех расходов ниже 145,6 м³/сек на число этих расходов, он равен 123,7 м³/сек.

Вычисленные три расхода арифметического метода имеют соотношение:

$123{,}7 < 145{,}6 < 168{,}7$.

Для определения расчетных расходов геометрическим методом наблюденные среднедекадные расходы (табл. 37) располагаем в убывающем порядке, независимо от года наблюдения.

4. Медианный год определяется по соотношению:

$M = \frac{n-1}{2} + 1 = \frac{13-1}{2} + 1 = 7$, следовательно, медианный расход расположен в седьмой графе $Q_м = 153{,}4$ м³/сек.

Таблица 37

Декадные наблюденные расходы воды по годам

Годы												
1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
123,5	111,3	121,4	154,8	185,2	109,3	124,6	162,7	153,4	179,5	122,3	169,4	175,8

Таблица 38

Расположение декадных расходов воды в убывающем порядке

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
185,2	179,5	175,8	169,4	162,7	154,8	153,4	124,6	123,5	122,3	121,4	111,3	109,3

Если бы годы наблюдений имели бы четное число, например, 12 лет, то медианный расход был бы расположен между 6 и 7 графами: $M = \frac{12-1}{2} + 1 = 6{,}5$, тогда

$$Q_м = \frac{154{,}8 + 153{,}4}{2} = 154{,}1 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

5. Первый квартильный год определяется по соотношению: $I_{кв} = \frac{3(n-1)}{4} + 1 = \frac{3(13-1)}{4} + 1 = 10$, следовательно, расход, соответствующий первому квартильному году расположен в 10 графе; $Q_{I\,кв} = 122{,}3$ м³/сек (маловодный год).

6. Второй квартильный год определяется по соотношению: $II_{кв} = \frac{n-1}{4} + 1 = \frac{13-1}{4} + 1 = 4$, следовательно, расход, соответствующий второму квартильному году, расположен в графе 4; $Q_{II\,кв} = 169{,}4$ м³/сек (многоводный год).

Гидрологическая сетка — график, изображающий все расчетные годы, вычерчивается, когда среднедекадные расходы вычислены по всем вышеприведенным методам.

При малом числе наблюдений обычно принимают не фиктивные, а реальные расходы и по ним делают необходимые расчеты. Обычно за расчетные расходы при составлении планов водопользования принимают медианный или среднеарифметический, причем, кроме расходов основного источника орошения, учитывают и расходы дополнительного питания ирригационной системы: родники, возвратные, сбросные и подземные воды, качаемые из скважин.

В маловодные годы или в критические периоды рекомендуется использовать весь комплекс эксплуатационных мероприятий по борьбе с потерями оросительной воды.

Глава VI

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Хорошая организация водопользования способствует рациональному использованию оросительной воды, высокой производительности на поливе, благополучному мелиоративному состоянию орошаемых земель данной системы.

Без надлежащей организации водопользования планы водопользования, составленные по хозяйствам, районам и в целом по ирригационной системе, теряют свою значимость. План распределения воды без организации водопользования может привести к плохим последствиям.

ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ И УТВЕРЖДЕНИЯ ПЛАНОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Планы водопользования по колхозам и совхозам на вегетационный (I/IV—I/X) и на невегетационный (I/X—31/III) периоды составляются ирригационными секторами самих совхозов и колхозов с участием или при помощи инженерно-технических работников районного управления оросительных систем, управления межрайонных каналов (УМРК).

Составленный план обсуждается на производственном совещании при директоре совхоза, а в колхозах — правлениями. При обсуждении планов водопользования должны принять участие управляющие отделениями совхозов, участковые руководители колхозов, бригадиры, агрономы, гидротехники, гидрометры, мирабы, поливальщики, трактористы, работающие на дождевальных и поливальных машинах. После обсуждения планов водопользования при необходимости в план вносят коррективы по принятым предложениям.

Управления межрайонных каналов или районные управления оросительных систем, получив копию планов водопользования от хозяйств, составляют сводный план водопользования по району и системе и определяют подекадные расходы водоподачи по оптимальному (наилучшему) режиму орошения в увязке с возможностью системы (дебита реки, накопляемой воды в водохранилище по предварительному прогнозу водоносности источника орошения).

Сводные планы водопользования по району по всем источникам орошения, если они расположены целиком на территории района, утверждаются райисполкомом.

Если район получает воду из систем межрайонного значения, то сводный план водопользования в разрезе систем представляется на утверждение облисполкома областными управлениями оросительных систем (облУОС).

Поскольку ОблУОСы являются отделами облисполкомов, им же предоставляется право оперативного изменения планов водопользования по согласовании с облисполкомом в случае необходимости из-за погодно-климатических неожиданностей или других обстоятельств.

Все разногласия, возникающие при согласовании планов между хозяйствами, рассматриваются райисполкомами, которые принимают по ним окончательные решения. Разногласия по планам водораспределения между районами или между областями рассматриваются соответственно облисполкомами и Советом Министров союзных республик. Разногласия по вододелению по крупным рекам межреспубликанского значения (Нарын, Карадарья, Сырдарья, Амударья) рассматриваются Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР; окончательные решения по ним принимаются по согласовании с Советами Министров союзных республик.

ПОДГОТОВКА ПОЛЕЙ К ПОЛИВУ

Подготовка полей к поливу должна предшествовать проведению плана водопользования. Для подготовки поливных участков (карт) к поливу должны быть выполнены следующие работы:

1) допосевная текущая планировка или выравнивание полей;

2) сельскохозяйственная обработка (вспашка, боронование и др.);

3) нарезка борозд и армирование их оголовков трубками, сифонами, щитками;

4) нарезка временной оросительной сети (ок-арыков и вспомогательных борозд), оправка их оголовков и армирование переносными регулирующими приспособлениями;

5) ремонт дождевальной и поливальной техники;

6) подготовка поливальщиков для проведения самотечных поливов и трактористов для работы на поливальных и дождевальных машинах.

Текущая планировка или выравнивание поверхности поливных участков производится осенью перед зяблевой вспашкой или ранней весной. При этом мелкие неровности рельефа разравниваются поперечно-диагональным грейдерованием или малой.

Нарезка выводных и вспомогательных борозд и временных оросителей производится после нарезки поливных борозд. Правильный выбор направления выводных борозд (ок-арыков) и доброкачественная нарезка их обеспечивают нормальную работу поливальщика, способствуют повышению производительности его труда.

Вся внутрихозяйственная (постоянная) оросительная сеть к началу поливной кампании должна быть очищена от наносов и сорняков. В дамбах должны быть заделаны промоины, забиты норы и ходы землероев и произведена необходимая подсыпка дамб. В оросительную сеть, не подготовленную к поливу, вода не должна подаваться.

Подготовкой полей к поливу должны руководить агрономы, гидротехники совхозов и колхозов.

Поливы в колхозах и совхозах должны проводиться круглосуточно в течение всего поливного периода. На современном этапе развития техники орошаемые поля должны быть освещены электрическим светом взамен фонарей, которыми снабжаются поливальщики, производящие ночные поливы.

Главные инженеры-гидротехники совхозов и колхозов ежегодно по окончании поливного периода (в октябре) должны организовать осмотр гидротехнических, водоучитывающих сооружений, каналов, техники орошения с целью наметить характер ремонта, объемы планировоч-

ных и других работ и составить дефектный акт, служащий основой для составления сметы для финансирования.

ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАНА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Оперативная корректировка плана водопользования может возникнуть в следующих случаях:

1) при изменении фактической поливной площади и состава сельскохозяйственных культур по сравнению с принятыми в плане;

2) при изменениях в поливном режиме вследствие выпадения осадков, резкого похолодания или потепления, гармсилей, повышения или понижения уровня грунтовых вод и т. п.;

3) при изменении условий подачи воды хозяйству вследствие значительного снижения водоносности источника орошения (реки), а также аварий на оросительной системе.

К моменту завершения сева яровых культур, но не позже 1 июня необходимо произвести уточнение фактической поливной площади колхоза и в соответствии с установленным размером фактической поливной площади, уменьшением или увеличением ее по отношению к плановой соответственно увеличить или уменьшить предусмотренные планом размеры подачи воды по декадам. Если изменения водоподачи хозяйству в результате указанной корректировки, по данным фактического сева не превышают 10% от первоначального плана водоподачи, последний остается без изменения. В случае отклонений от плана больше, чем на 10%, план водопользования пересчитывается и снова представляется на утверждение райисполкома и в системное управление.

Метеорологические условия — выпадение значительных осадков, изменения температуры воздуха (отклоняющиеся от среднемноголетних) могут повлиять на сроки начала первого и последующих поливов, а в отдельных случаях могут сделать полив излишним или вызвать необходимость дополнительного полива. Эти вопросы разрешаются правлением колхоза, производственным совещанием при дирекции совхоза по представлению агроперсонала хозяйства. Об этом немедленно сообщается

в районное управление оросительных систем и сельского хозяйства.

Значительное понижение уровня грунтовых вод вследствие проведения коллекторно-дренажной сети может вызвать необходимость пересмотра принятого поливного режима в хозяйстве в сторону увеличения количества поливов, следовательно, и увеличения размера водоподачи хозяйству.

При сильных и продолжительных суховеях (гармсилях), по заключению районных специалистов возможны дополнительные поливы, в первую очередь хлопчатника.

В этом случае в хозяйстве производится необходимое перераспределение поступающей воды в целях возможно более быстрого проведения полива на самых угрожаемых и подверженных вредному влиянию ветров участках.

В случае изменения условий подачи воды хозяйству вследствие непредвиденного снижения водоносности источника орошения, аварий на магистральном или межхозяйственном канале или других причин, происшедших не по вине хозяйства, регулирование водоподачи хозяйству производится по специальным указаниям управления оросительных систем, согласованным с райисполкомом, облисполкомом или Советом Министров республики.

Колхозы и совхозы должны быть предупреждены об изменениях водоподачи, в соответствии с чем они производят корректировку плана водораспределения внутри хозяйства.

При длительном уменьшении водоподачи хозяйству (маловодный год) должна быть осуществлена система дополнительных мероприятий по наиболее экономному и правильному использованию воды.

Эти мероприятия проводятся на основе обязательных постановлений райисполкомов, облисполкомов или Совета Министров союзных республик.

В случае избыточных расходов воды и аварий в оросительной системе возможно также временное увеличение водоподачи району, колхозу, совхозу, но только при условии согласия руководства района. В этом случае колхоз и совхоз назначают к поливу такие поля и культуры, на которых можно без ущерба для урожайности форсировать поливы.

В случае необходимости временного сокращения водоподачи хозяйству по производственным причинам, согласованным с райотделом сельского хозяйства, колхоз и совхоз обязаны заблаговременно (за два-три дня) заявить об этом управлению оросительных систем через участкового гидротехника. В этом случае управлением оросительных систем производится полная или частичная компенсация сниженной водоподачи району, его хозяйствам в последующий период.

Корректировка плана водопользования производится в хозяйстве с участием участкового агронома и участкового гидротехника и с ведома главного агронома райотдела сельского хозяйства. Смещение срока полива хлопчатника, увеличение или уменьшение числа поливов решается производственным совещанием, в работе которого должны принять участие агрономы, знатные поливальщики, бригадиры, мирабы, гидротехники и мастера высоких урожаев.

Корректив вносится прежде всего в формы 2 и 3 — увеличивается продолжительность полива, чем сокращается количество поливов, и, наоборот, при сокращении продолжительности поливов увеличивается их количество.

В зависимости от конкретных условий (изменения мелиоративного состояния земель, понижения или повышения уровня грунтовых вод) могут быть изменены и поливные нормы на основе фактических наблюдений. Далее корректируются последующие формы хозяйственного плана водопользования.

Кроме плана водопользования хозяйства на вегетационный и невегетационный периоды, на каждую декаду составляется оперативный план полива и обработок в соответствии с фактическим состоянием культур, потребностью их в воде и с увязкой с фактическим лимитом, установленным хозяйству по дебиту источника орошения или возможности водохранилища.

Хозяйство, определившее потребность сельскохозяйственных культур в воде, согласно декадному графику оперативного плана водопользования заблаговременно (за один-два дня) подает заявку на воду управлению оросительных систем (РайУОС, УМРК, ОблУОС) с указанием потребного расхода воды, отпускаемого в точках водозабора.

Гидротехник колхоза, совхоза обязан следить за поступлением воды в хозяйственные отводы и должен вести в специальном журнале запись колебания расходов три раза в сутки (через 8 часов). Этот журнал является основным документом для исчисления стока воды в хозяйство.

Инженер-гидротехник совхоза, колхоза распределяет воду между отделениями, бригадами согласно графику и плану водооборота через штатных работников — гидрометров, водных объездчиков, сторожей гидротехнических сооружений.

При подаче воды бригадам необходимо соблюдать следующие основные требования:

1) не допускать распыления воды на мелкие расходы и излишние переброски ее с одного конца территории хозяйства в другой;

2) число сменных поливальщиков, трактористов, дождевальных и поливальных машин должно соответствовать расходу воды, отпускаемому бригаде с учетом ведения полива круглые сутки;

3) не допускать разрыва между поливами и обработками; количество пропашных тракторов (с учетом сменных трактористов) и их производительности должно быть увязано с фактически политыми площадями хлопчатника и других пропашных культур.

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА ВОДЫ И ПОЛИТЫХ ПЛОЩАДЕЙ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛИВА

Учет воды, подаваемой хозяйству в точках водовыдела из межхозяйственного канала, ведется райУОСом. Представитель хозяйства за каждые сутки должен расписываться в журнале, находящемся у участкового гидрометра или у участкового гидротехника. Подтверждение получения воды хозяйством одновременно является формой взаимного контроля над водораспределением.

Сооружения в точках водовыдела колхозу и совхозу должны иметь водомерные приспособления — расходографы, счетчики стока или реечные гидрометрические посты, тарировку которых производит участковый гидрометр райУОС или УМРК.

Эксплуатационный штат совхоза, колхоза, сопоставляя ежедневно фактически получаемые расходы воды с

плановыми, в случае расхождения их должен добиваться у райУОС изменения в водоподаче.

Учет подачи воды на границах отделений совхоза и полеводческих бригад ведется эксплуатационным штатом хозяйства. Гидротехники отделений и бригадиры также должны следить за подачей воды по плану на территорию, обслуживаемую ими.

Наблюдения и учет водоподачи ведутся три раза в сутки. Из среднесуточных наблюдений расходов воды выводятся среднедекадные.

Бригадиры по пятидневкам (на шестой день) обязаны представлять сведения в ирригационный отдел совхоза или колхоза по форме:

	По плану	Фактически
Получение воды в среднем за пятидневку, л/сек	200	150
Полив за пятидневку, га	100	75
Количество пропашных тракторов	3	2

В отделении совхоза или на производственном участке колхоза круглосуточное использование воды и качество поливов контролируются работниками народного контроля, которые составляют акт в случае обнаружения некачественного полива или непроизводительного сброса оросительной воды и т. п. Нарушители правил водопользования привлекаются к ответственности по линии народного контроля.

Общий технический контроль за проведением поливов и правильным использованием оросительной воды в хозяйствах возлагается на райУОС и УМРК.

В каждой полеводческой бригаде под непосредственным контролем самого бригадира должен быть налажен учет политых и обработанных ежедневно площадей. Учетчик бригады к концу рабочего дня должен докладывать бригадиру о работе поливальщиков, пропашных тракторов, о том, сколько за сутки или рабочий день полито хлопчатника, каким расходом воды и какая площадь (по номерам поливных участков) полита и какая площадь прокультивирована в продольном и поперечном направлениях.

Любой поливной участок должен быть полит в срок не более двух суток. Лучше всего полив на участке завершить в суточный срок.

На практике часто встречаются случаи, когда отдельные поливальщики, пользуясь правилом «поливать до потемнения гребня борозд», поливной участок держат под водой до 10—12 суток. В результате неправильно подобранной длины поливных борозд на легких почвах (вместо 80—100 м до 300—400 м) оросительная вода, не достигая конца борозд, проваливается в подпочву. Поливная норма искусственно завышается в два-три раза, сильно снижаются производительность на поливе, коэффициент использования воды. Все это вызывает недостаток оросительной воды — перенапряжение в водопользовании.

Для качественного полива необходимо правильно подобрать элементы техники полива. Одним из крупных факторов, положительно влияющих на качество полива, является планировка поверхности поливных участков. В тех хозяйствах, где земельный фонд позволяет, рекомендуется определенную площадь (50—60 га) отводить под мелиоративное поле, где в течение года производят планировку, промывку на фоне дренажа, создавая его по заранее составленному проекту. Мелиоративное поле, подготовленное к ведению сельского хозяйства, в следующем году уступает свое место для другого мелиоративно неблагополучного поля по скользящему графику, составленному главным агрономом и главным инженером-гидротехником хозяйства.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРАВИЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Правильное водопользование контролируется:

1) анализом использования воды — установлением коэффициента использования воды (КИВ) за декаду, месяц и вегетационный период;

2) периодическим наблюдением за уровнем грунтовых вод и за их минерализацией в наблюдательных колодцах;

3) солевыми съемками, производимыми ежегодно на первое апреля и на первое октября.

Анализ использования воды (первый метод) необходимо производить повсеместно во всех районах, колхозах и совхозах. А второй и третий методы контроля могут быть приемлемы в областях, районах, колхозах и

совхозах, земли которых подвержены заболачиванию и засолению (Голодная степь, Каршинская степь, Хорезмская, Бухарская, Ферганская области, ККАССР, Мургабская, Чуйская долины, Кура-Араксинская низменность АзССР и др.).

В планах водопользования предусматриваются круглосуточные поливы сельскохозяйственных культур установленными поливными и оросительными нормами (см. форму 2). В действительности же на водообеспеченных системах нередко поливают днем завышенными поливными нормами за счет глубокого просачивания и сброса воды в коллектора, на пустыри и дороги. Все это значительно снижает полезное использование оросительной воды; поливная производительность одного кубометра воды в сутки и коэффициент использования воды (КИВ) снижаются; мелиоративное состояние орошаемых земель ухудшается.

В настоящее время не во всех колхозах, совхозах и особенно полеводческих бригадах налажен анализ использования воды. Причины: необеспеченность колхозов и совхозов кадрами гидрометров, непереустройство хозяйственной оросительной сети по производственным признакам, неоснащенность точек водовыдела хозяйствам, отделениям совхозов, производственным участкам колхозов и полеводческим бригадам гидрометрическими постами, современными водомерами, водоучитывающими приборами (роторными счетчиками стока, динамическими расходоуказателями и др.).

Полезное использование оросительной воды на полях при нормальном, рациональном водопользовании должно быть не менее 90%, т. е. из всей поданной на поле воды (принимаемой за 100%) должно быть полезно использовано не менее 90% (КИВ = 0,90).

Низкие коэффициенты использования воды наблюдаются при отсутствии ночных поливов, наличии сбросов части воды в коллекторно-сбросную сеть, на пустыри и дороги, при значительных размерах потерь воды вследствие фильтрации во внутрихозяйственной оросительной сети, а также при завышенных поливных нормах или при искусственном увеличении суммарного забора воды хозяйством и недоучета фактически политых площадей.

Указанные случаи плохого использования воды в хозяйствах, расположенных в верховьях оросительных си-

стем, где нет опасности засоления, заболачивания и недостатка в воде, не ущемляют этих хозяйств ни в техническом, ни в экономическом отношениях, поскольку нет платы за воду. Однако расточительное водопользование в верховьях систем приносит вред хозяйствам, расположенным в низовьях, вызывая перенапряжение в водораспределении, подъем уровня грунтовых вод, следовательно, и засоление орошаемых земель.

УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ

Точность коэффициента использования воды (КИВ) зависит главным образом от точности учета фактически поданной воды и безошибочного учета политых площадей при оптимальном режиме орошения. Поэтому очень удобно пользоваться роторным счетчиком стока или динамометрическим расходоуказателем САНИИРИ, которые устанавливаются на сооружениях, где выделяется оросительная вода водопользователям (хозяйствам, их подразделениям).

Анализ использования воды рекомендуется производить в табличной форме, объяснения для заполнения этой формы приводится ниже:

$Q_п$ — среднедекадный расход воды, установленный планом водопользования, м³/сек (форма 4);

$Q_ф$ — среднедекадная фактическая водоподача по данным эксплуатационной гидрометрии, м³/сек;

$P = \frac{Q_ф}{Q_п}$ — коэффициент водоподачи за декаду;

$\omega_п$ — плановая площадь полива сельскохозяйственных культур за декаду (форма 3);

$\omega_{в.п} = p \cdot \omega_п$ — площадь сельскохозяйственных культур, которую возможно было полить поданной водой за декаду, га;

$\omega_ф$ — фактически политая площадь за декаду, га; (по данным оперативного учета);

КИВ — коэффициент использования воды; $КИВ = \frac{\omega_ф}{\omega_{в.п}}$

В табл. 38 показано определение нормального КИВ-0,90. Если КИВ окажется больше 1, то следует искать причину в заниженных против плана фактических полив-

ных нормах или в неправильном (завышенном) учете фактически политых площадей или в заниженно учтенной водоподаче. В зависимости от установленной причины принимаются соответствующие меры.

Контроль за уровнем грунтовых вод и их минерализацией осуществляется в колхозах и совхозах, земли которых подвержены заболачиванию и засолению.

Для ведения наблюдения за уровнем грунтовых вод устраиваются колодцы (скважины) глубиной от 3 до

Таблица 38

Определение коэффициента использования воды упрощенным способом [7]

Декада	Получение воды в м³/сек			Площади, га			КИВ
	$Q_п$	$Q_ф$	P	$\omega_п$	$\omega_{в.п}$	$\omega_ф$	
1/VII—10/VII	0,6	0,8	1,33	52	69	62,4	0,90

5 м. При неустойчивых грунтах скважины оборудуются асбоцементными обсадными трубами диаметром 8—10 см. В нижней части трубы для поступления грунтовых вод устраиваются отверстия диаметром 3—5 мм. Для предотвращения заиления трубы устраивается обратный фильтр — вокруг перфорированной части трубы засыпается шагал (гравий с песком). Во избежание засорения скважины и попадания в нее атмосферных осадков скважина закрывается металлическим колпаком (крышкой).

При устойчивых грунтах наблюдательные колодцы устраиваются без обсадных труб, для них делается деревянный или асбоцементный оголовок высотой 70—80 см. Наблюдательные колодцы (скважины) должны быть свободны от влияния каналов, коллекторов и дрен, они должны быть расположены подальше от них. Во избежание попадания в колодец сбросной или поливной воды вокруг колодца устраивается земляной валик высотой 30—40 см.

Створы наблюдательных колодцев располагаются по характерным линиям местности. Все колодцы во избежание влияния различных факторов в плановом и высотном отношениях при помощи нивелира привязываются к определенной (постоянной) точке местности. В зависи-

мости от площади хозяйства и мелиоративных условий число наблюдательных колодцев может колебаться в пределах 5—15 и более. Все колодцы наносятся на ирригационную карту хозяйства и номеруются. Уровень грунтовых вод в наблюдательных колодцах замеряется раз в декаду или два раза в месяц.

Минерализация грунтовых вод проверяется весной (I/IV) и осенью (I/X) путем отбора воды из скважин и анализа в лаборатории. Анализ производится на плотный остаток всех солей и на хлор в отдельности.

Контроль за засолением почвы осуществляется двояко: за сезон и по годам. Для того чтобы определить степень сезонного засоления, определяют коэффициент сезонного засоления (КСЗ) путем деления процента засоления метрового слоя почвы на 1 октября на процент засоления почвы на 1 апреля того же слоя. Для этого два раза в году (I/IV и I/X) производят солевую съемку метрового слоя почвы, отбирая пробы почвы в характерных местах через 20—25 см по глубине. Если коэффициент сезонного засоления равен единице, то за вегетационный период не произошло соленакопления. Чем КСЗ больше единицы, тем больше сезонное засоление и, наоборот, чем КСЗ меньше единицы, тем больше отведено солей за пределы орошаемой территории коллекторно-дренажной сетью. В зависимости от величины КСЗ судят об уровне водопользования за период вегетации и принимают соответствующие меры, улучшающие мелиоративное состояние земель (углубление старой и новой коллекторно-дренажной сети, промывка и др.).

Солевой баланс в тоннах на гектар в метровом слое почвы (Скофельд, 1940) на 1 октября каждого года указывает на увеличение или уменьшение солей на территории хозяйства из года в год. Для этого ежегодно на 1 октября производят солевую съемку метрового слоя почвы и определяют наличие солей. В случае увеличения солевого баланса на 1 октября текущего года в сравнении с предыдущими годами выясняют причины и принимают меры, обеспечивающие достижение отрицательного солевого баланса. Общий солевой баланс выделенного балансового слоя (хозяйство, отделение, полеводческая бригада) может быть определен по упрощенной формуле, предложенной профессором Д. М. Кац:

$$S_к - S_н = S_о - S_д \pm S_п \quad \ldots\ldots (53),$$

где

$S_к$ — конечный запас солей в поверхностных водотоках и водоемах, в зоне аэрации и подземных водах до водоупора;

$S_н$ — начальный запас солей в поверхностных водотоках и водоемах, в зоне аэрации и подземных водах до водоупора;

$S_о$ — поступление солей с оросительной водой;

S_d — вынос солей с дренажными водами;

$\pm S_п$ — подземный солеобмен;

$+ S_п$ — поступление солей в зону аэрации напорными грунтовыми водами;

$- S_п$ — опускание солей ниже границы зоны аэрации.

Подземный солеобмен находят по пьезометрическим наблюдениям за притоком и оттоком и послойной минерализацией грунтовых вод. В первом приближении $S_п$ можно определить из уравнения (53).

Количество солей, поступающих с оросительной водой и отводимых коллекторно-дренажной сетью, определяется путем умножения объема воды (в литрах) на его минерализацию (в г/л) т. е.:

$$S_о = \frac{v_о \cdot M_о}{10^6}; \quad S_d = \frac{v_d \cdot M_d}{10^6}, \qquad \ldots\ldots,$$

где

$v_о$ и v_d — соответственно стоки поступающей на балансовый участок оросительной и отводимой из него дренажной воды, л/га;

$M_о$ и M_d — соответственно минерализация оросительной воды и дренажного стока, г/л.

Примечание. Полученные количества солей и стока воды делят на 10^6, чтобы превратить их в тонны.

Глава VII

НОВЕЙШИЕ ВОДОУЧИТЫВАЮЩИЕ ПРИБОРЫ И СООРУЖЕНИЯ

По данным водохозяйственных организаций, оснащенность водовыделов гидрометрическими сооружениями высокая только в трех союзных республиках: Украинской ССР — 100%, Молдавской ССР — 96% и Армянской ССР — 78%. Наиболее низкий процент оснащенности в республиках Средней Азии и Казахстане.

В настоящее время в СССР получили наибольшее производственное распространение два типа водомеров — динамический расходоуказатель ДРС-60 и водомер системы К. С. Глубшева ВДГ-58. Водомер ДРС-60 лучше других подсчитывает расход воды на сооружениях, построенных на межхозяйственных каналах. Он может вычерчивать кривую потребления воды во времени, что позволяет судить о режиме работы сооружения на межхозяйственной сети за любой промежуток времени.

Водомер ВДГ-58 К. С. Глубшева ценен тем, что он непрерывно показывает не только расход воды (в л/сек), но и учитывает объем суммарного стока в кубометрах. Поэтому этот водоучитывающий прибор больше подходит для учета воды на водовыделах.

Водомер-водослив А. И. Иванова (ТИИИМСХ) имеет так же как водослив Чиполетти, форму выреза в виде равнобокой трапеции, но с наклоном боковых ребер 1 : 1 (рис. 18). Требования, предъявляемые к установке водослива Иванова, те же, что и к установке водослива Чиполетти. Различие лишь в допустимой величине подтопления со стороны нижнего бьефа. При величине подтопления

$\frac{h}{H} < 0{,}8$ точность измерения расхода водосливом Иванова $\pm 3\%$.

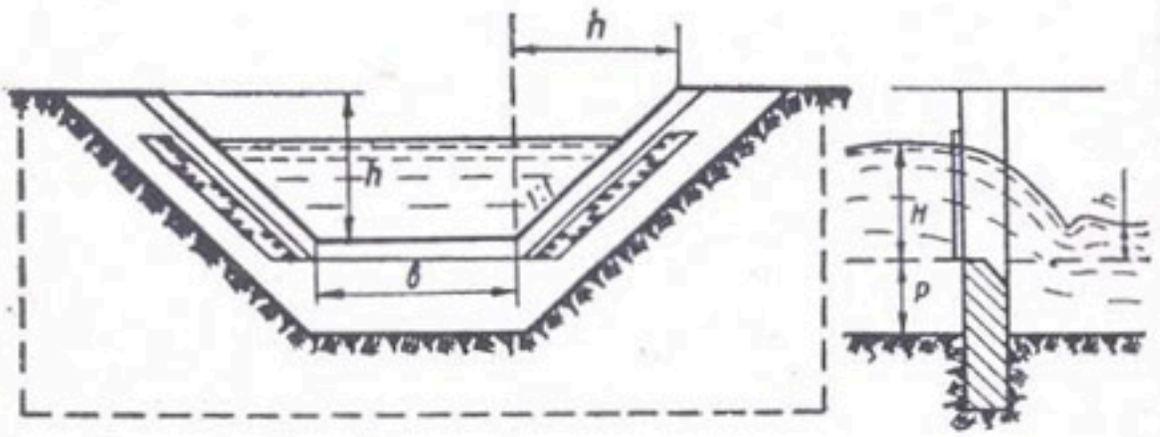
Для правильной работы водослива необходимо:

1) порог водослива устанавливать строго горизонтально и нормально к направлению оси потока, а плоскость самого водослива — вертикально;

2) толщина переливающегося слоя воды должна быть не больше $^1/_3$ ширины порога;

3) коэффициент подтопления не должен превышать 0,80.

Определение расходов воды производится по разности показаний верхней и нижней расходных реек по спе-



Р и с. 18. Трапецеидальный водослив с откосами 1 : 1 (А. И. Иванов).

циальным таблицам, составленным А. И. Ивановым (см. приложение 1).

При отсутствии таблиц расход воды через водослив может быть вычислен по формулам (54), (55), (56), (57).

Расход воды, протекающей через затопленный водослив, определяется по формуле:

$$Q_{зат} = Q - q \quad \ldots (54)$$

$$Q = MbH^{3/2} \quad \ldots (55)$$

$$\text{Коэффициент расхода } M = 1{,}86 \cdot \frac{b + H}{b + 0{,}25H} \quad \ldots (56),$$

где

Q — расход воды (л/сек), протекающей через незатопленный водослив. Расход (затопленный) по нижней рейке определяется по формуле:

$$q = 0{,}67h^{1{,}585} \cdot b \quad \ldots (57)$$

В этих формулах:

b — ширина порога, см;

H — показание верхней рейки, см;

h — показание нижней рейки, см.

Для более точного показания расходов воды, протекающей через затопленные водосливы, скорость воды, подходящей к водосливу, не должна быть выше нижеприведенных:

Ширина порога водослива, м	Подходная скорость воды максимальная (V), м/сек
0,25	0,20
0,50	0,25
0,75	0,30
1,25	0,40
1,50	0,50
2,00	0,60
2,50	0,70
3,00	0,75

Динамометрический расходоуказатель САНИИРИ (ДРС-60[1]) (Д. П. Колодкевич и В. Е. Краснов) предназначен для измерения разности (перепада) давлений и для указания расхода воды, создаваемого местным сужением потока в водомерных сооружениях.

ДРС-60 (рис. 19) состоит из рабочего органа в виде свободного поршня, присоединенного через гибкий подвес (цепочка) к динамометрической цилиндрической пружине механизма, преобразующего линейное перемещение поршня в угловое, и корпуса с циферблатом [31]. В комплект прибора также входит патрубок, в котором помещается поршень. Патрубок заделывается в пункте отбора меньшего давления.

ДРС-60 устанавливается

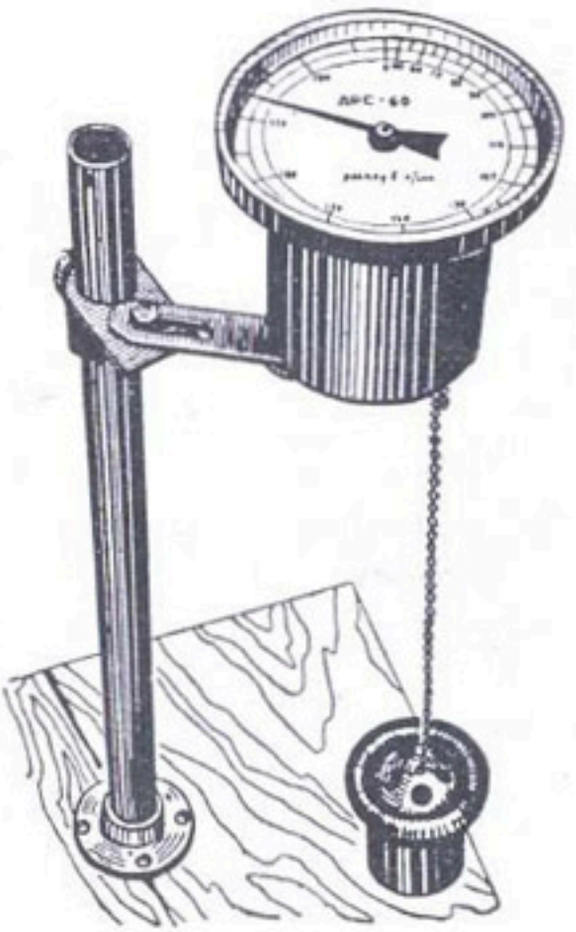


Рис. 19. Динамометрический расходоуказатель САНИИРИ.

[1] В настоящее время ДРС-60 заменен аналогичным прибором «Газприбораватоматика», выпускающимся серийным производством. Однако это не отменяет использование ДРС-60 и не умаляет его достоинства.

на трубчатых водомерах-регуляторах с насадком, кольцом, приставками, трубчатыми регуляторами и др.

Принцип действия: поршень, находясь на патрубке, воспринимает перепад давлений $Z_к$, а линейное растяжение пружины, преобразуясь в угловое, на циферблате показывает расход воды, так как $Q = f(Z_к)$. Градуировка зависит от шкалы расхода данного типа и размера водомерного сооружения.

Техническая характеристика ДРС-60. Диапазон перепада давлений: 0—30 см (первый, внешний), подвес — 0—60 см (второй, ближе к оси). Погрешность прибора — до 2%. Габариты прибора 160 × 170 мм, внешний диаметр патрубка — 65 мм, высота — 120 мм. Вес прибора — до 2 кг.

В 1962 г. к ДРС-60 (В. Е. Красновым) была разработана приставка-самописец, которая непрерывно записывает на вертикальном барабане изменения расхода воды по времени.

Пружинный автомат расхода САНИИРИ (ПАР) (М. В. Бутырин) предназначен для внутрихозяйственной оросительной сети с расходом воды по 300 л/сек, работает с затопленным истечением при изменении перепада от 5 до 30—40 см.

ПАР состоит (рис. 19) из тела регулятора (ТР) в нижней части рамы-рычага; рамы-рычага R с горизонтальной осью 0—0; рабочей цилиндрической пружины N, соединенной нижним концом с рамой и верхним концом с кронштейном K; стенки *ст* с отверстием *от*, щитка *щ* для установки автомата на другой расход или для полного закрытия.

Автомат устанавливается в бетонном лотке (стенке) в голове оросительного канала.

Принцип действия: при изменении перепада Z тело регулятора перемещается в отверстии и обратно пропорционально изменяет площадь истечения ω, чем и обеспечивает постоянный расход [31].

Если $\omega = \frac{c}{\sqrt{z}}$, то $Q = \mu\omega\sqrt{2gz} = мс = \text{Const}$.

Равнодействующая давлений воды на тело регулятора, пропорциональная перепаду Z, уравновешивается пружиной. При постоянном отверстии расчетом подбирается необходимое очертание тела регулятора [31].

Водомеры-регуляторы САНИИРИ. Трубчатый водомер-регулятор с кольцом (предложен Д. П. Колодкевичем, исследован В. Е. Старковской, САНИИРИ). Во внутренней выходной части трубы устраивается сужение при помощи короткого цилиндрического кольца.

Отбор давлений в колодец 3 (рис. 20) производится через отверстия *а* и *б*.

Расходная формула:

$$Q = K \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2gZ_k} \qquad \ldots \quad (58),$$

где K — коэффициент водомера, зависящий от $\frac{d}{D} = 0{,}75$, так, например, для стандартного (рекомендуемого) отношения $\frac{d}{D} = 0{,}75$, $K = 0{,}99$, Zk — перепад давлений в сечениях через отверстия *а* и *б*.

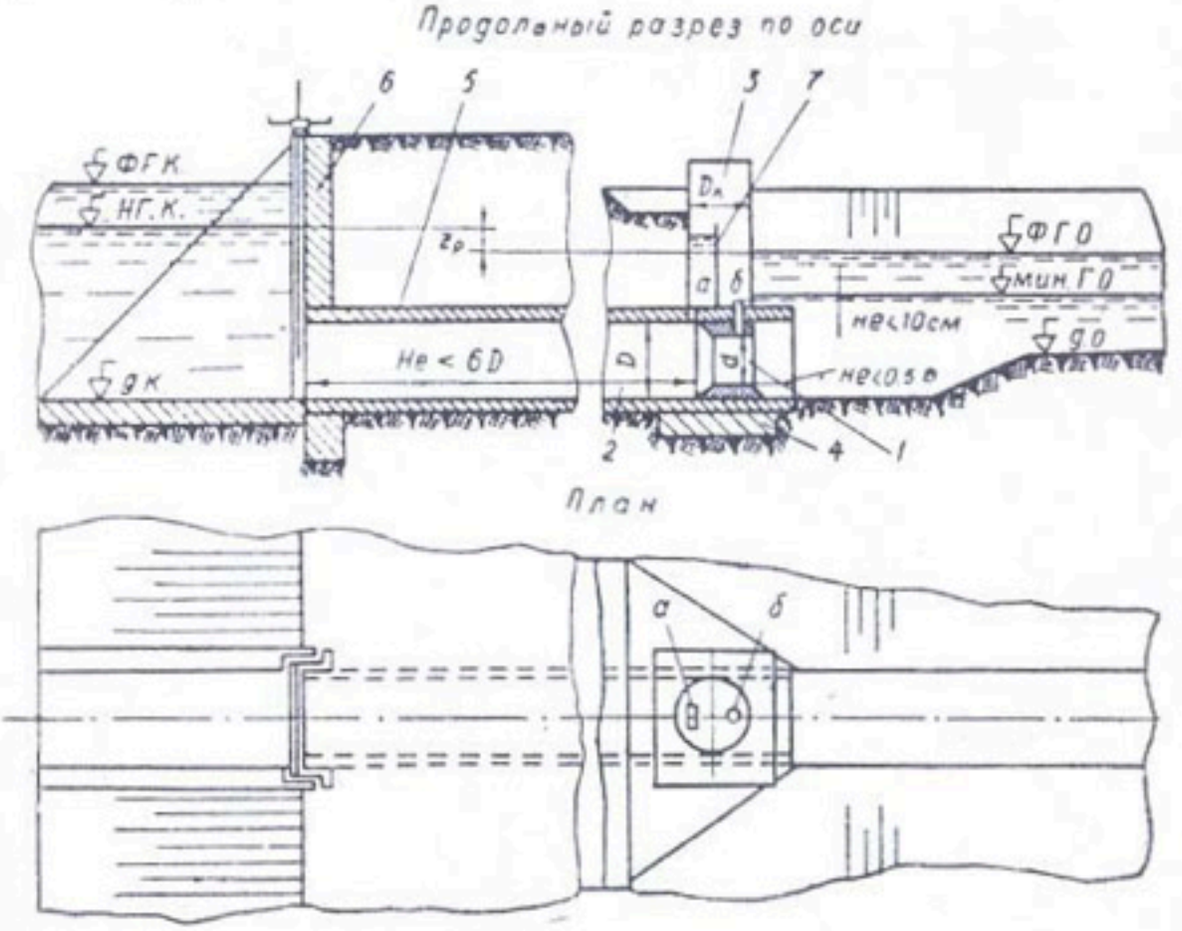


Рис. 20. Схема трубчатого регулятора-водомера с кольцом ТВК.

Расходы трубчатых водомеров ТВР с насадком и ТВР с кольцом колеблются в пределах 50—1200 л/сек.

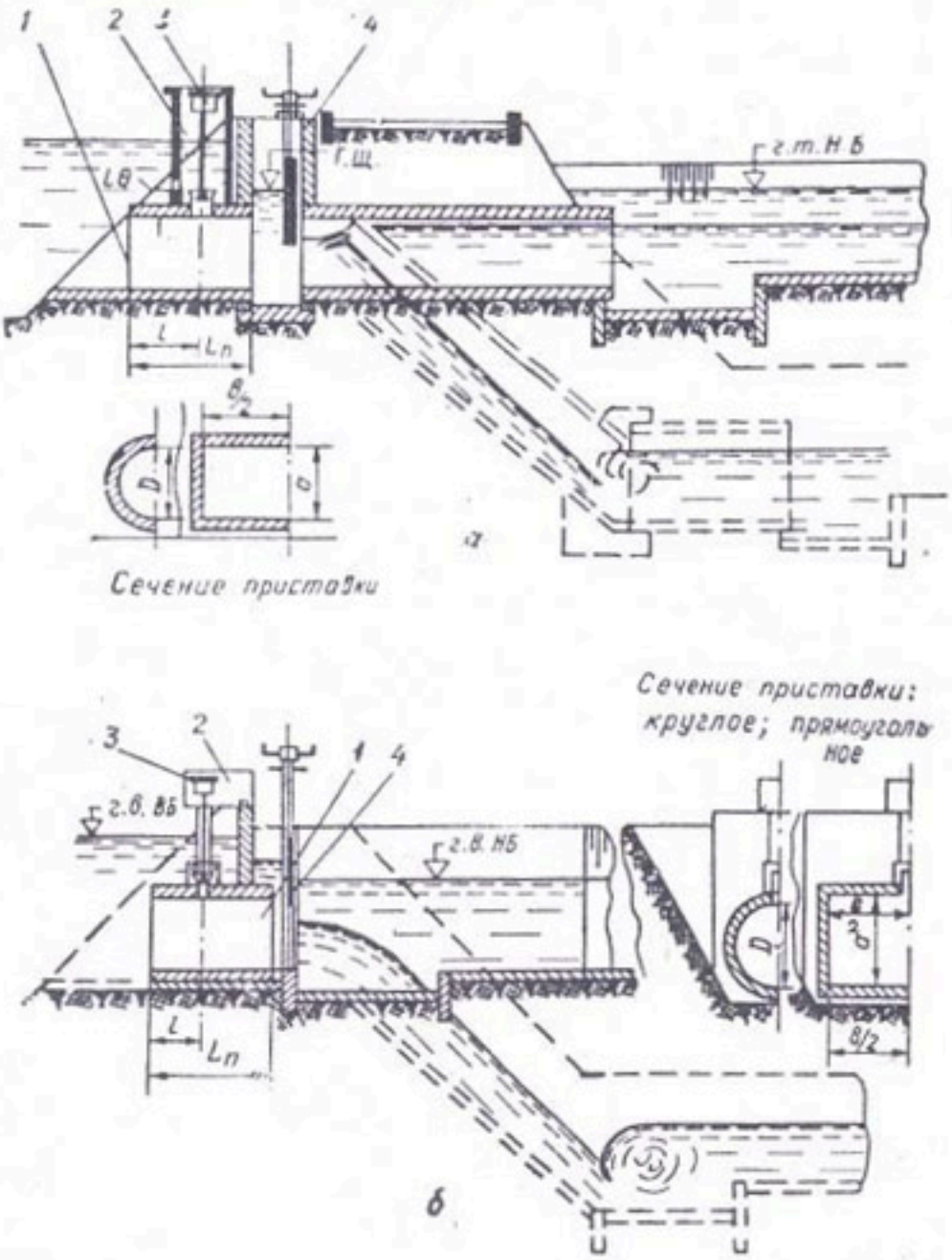
Водомерные приставки с трубчатыми *а* и открытыми *б* регуляторами САНИИРИ (В. Е. Краснов). Приставки (I)

бывают круглого или прямоугольного б сечения длиной $L = (1{,}5 \div 3)D$. Элементы сооружения показаны на рис. 21.

Сооружения состоят из:

1) приставки круглого или прямоугольного сечения;

2) водоучитывающего прибора ДРС-60 (3), установленного в асбоцементной трубе (2);



Р и с. 21. Водомерные приставки с трубчатым (*а*) и открытым (б) регуляторами:

1 — труба-приставка; *2* — колодец или защитный корпус; *3* — прибор ДРС-60; *4* — затвор.

3) щитового устройства и водобойной части, которая может быть без перепада и с перепадом. Для трубчатых регуляторов предусматривается шахта.

Принцип работы водомерной приставки — создавать разность $Z_к$ (перепад давлений) между верхним бьефом и точкой

отбора в потолке приставки на расстоянии l от ее начала (см. рис. 20).

Основное условие: приставка должна быть затоплена с верхнего бьефа.

Учетная формула:

$$Q = k \cdot \omega \sqrt{2gZ_к} \quad \ldots\ldots (59),$$

где

К — коэффициент водомера, зависящий от вида приставки и отношения $\frac{l}{D}$;

ω — площадь внутреннего сечения приставки.

Расчетная формула (для определения размеров):

$$Q_{max} = \mu_c \omega \sqrt{2gZ_c} \quad \ldots\ldots (60),$$

где

μ_c — коэффициент расхода системы, зависящий от типа сооружения;

Z_c — разность уровней между верхним и нижним бьефами.

Расчетная формула для свободного истечения или при наличии перепада:

$$Q_{max} = \mu_c \omega \sqrt{2g(H - 0{,}65h_щ)} \quad \ldots\ldots (61),$$

где

μ_c — коэффициент расхода системы, отнесенный к выходному сечению приставки;

H — напор с верхнего бьефа над дном трубы;

$h_щ = 0{,}75$ Д — максимальное открытие затвора, обеспечивающее напорный режим в приставке.

Лимниграф-расходограф САНИИРИ (А. В. Соколов) (рис. 22) предназначен для беспрерывной записи уровней или расходов воды на гидропостах и водомерных сооружениях, имеющих однозначную зависимость $Q = f(H)$ — водосливы и лотки свободного истечения, водомерный порог и др.

В основу этого расходографа положен масштабный пружинный червяк, переменный шаг которого устанавливается по зависимости от $Q = f(H)$ для данного сооружения или поста. Равномерный шаг червяка дает запись изменения уровня воды, в этом случае прибор служит лимниграфом [31].

Техническая характеристика прибора. Амплитуда колебания уровня при поплавке, надетом на шкив боль-

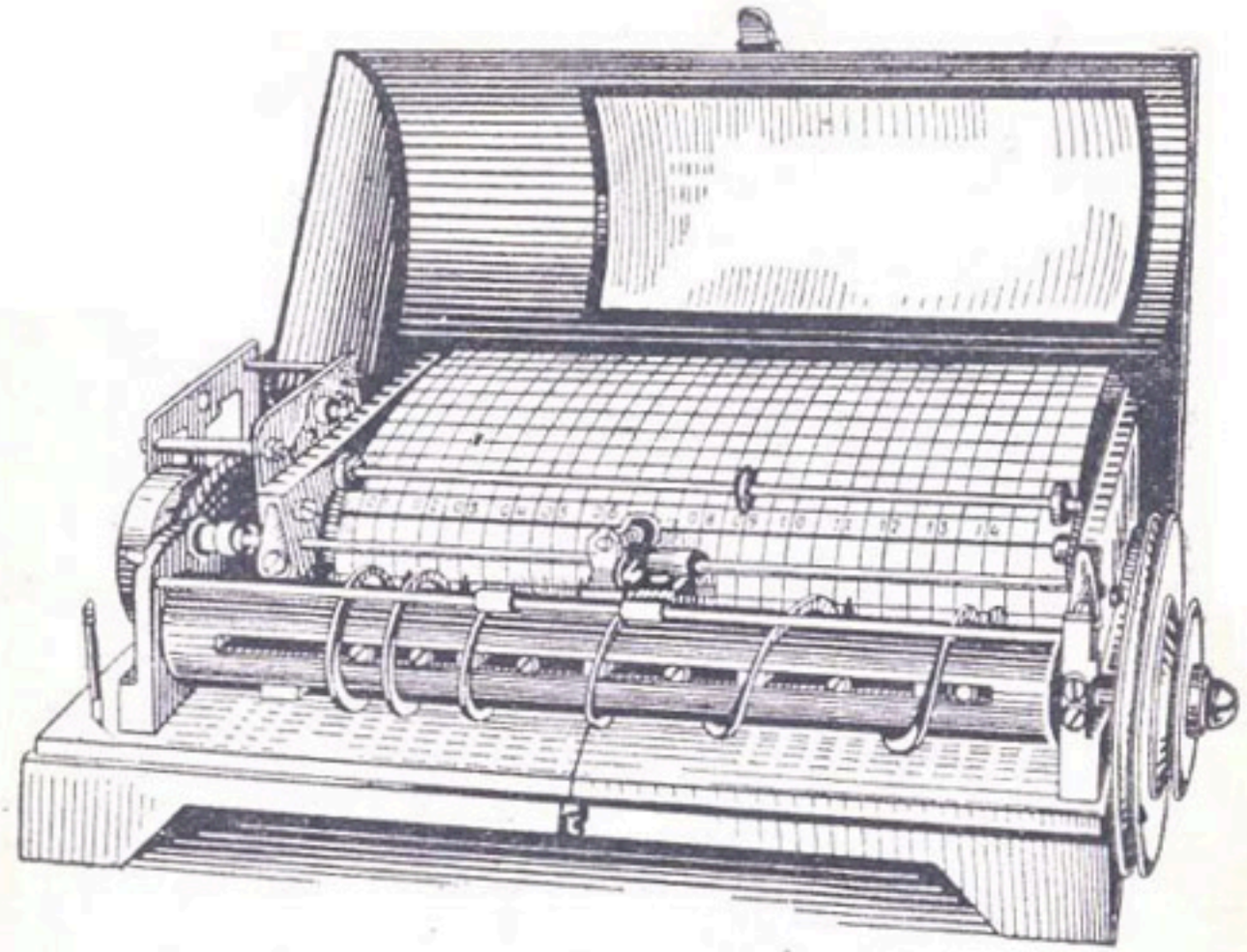


Рис. 22. Лимниграф-расходограф САНИИРИ (А. В. Соколов).

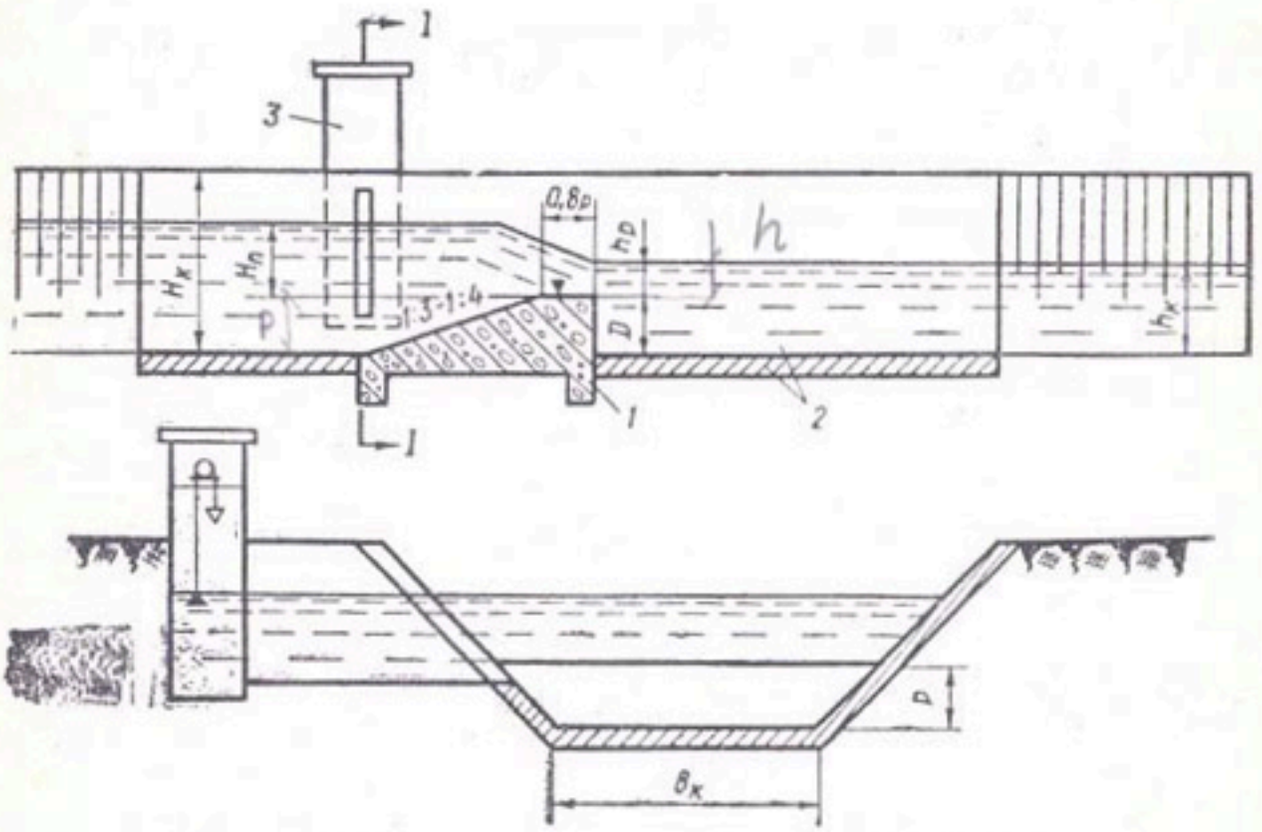


Рис. 23. Водомерный порог САНИИРИ (ВПС):
1 — порог; *2* — бетонированный участок канала; *3* — будка-колодец для установки прибора.

шого диаметра (масштаб 1 : 10),— до 1,5 м и при поплавке на меньшем диаметре шкива (масштаб 1 : 5) — до 0,75 м. Часовой механизм — суточный Челябинского госчасзавода. Масштаб времени по ленте — 4 мм в 1 час. Габариты — 260 × 140 × 100 мм. Вес не более 3 кг. Диаметр поплавка — 160 мм.

Прибор изготовляется на заводе ирригационного приборостроения Министерства мелиорации и водного хозяйства Узбекской ССР.

Водомерный порог САНИИРИ (ВПС) (М. В. Бутырин) (рис. 23) отличается своей простотой и удобством по выполнению конструкции, предназначен для каналов до 20—30 м³/сек; может работать при переменном режиме (подпор) и неустойчивом русле (заиление) канала. Он имеет ряд ценных качеств:

1) до относительного затопления $\frac{h}{H} = 0{,}80$ сохраняет однозначную зависимость $Q = f(H)$ — создает небольшой подпор (примерно 10% от бытовой глубины воды в канале);

2) допускает автоматизацию учета воды известными приборами (лимниграфы, расходографы, теледатчики);

3) пологий порог водослива свободно пропускает наносы и сам остается чистым.

Для построения ВПС пользуются формулой М. В. Бутырина:

$$Q = \left(0{,}37 + 0{,}04\,\frac{H}{p}\right)\left(b_n + mH\right) H \cdot \sqrt{2gH} \quad . \; . \; . \; (62),$$

где

$(0{,}37 + 0{,}04)\,\frac{H}{p}$ — коэффициент расхода водослива;

H — глубина воды над порогом в верхнем бьефе;

P — высота порога над дном канала (искомая величина, которая определяется подбором и в большинстве случаев $P = 0{,}55\ h_k$);

$h_к$ — максимальная глубина воды в канале с учетом возможного подпора или заиления;

$b_п$ — ширина порога;

m — коэффициент откоса канала;

g — ускорение силы тяжести 9,81.

При расчете, зная ширину порога канала и коэффициент откоса, соответствующие поперечному профилю канала, под-

бирают такую высоту порога (P), чтобы при Q_{max} относительное затопление $\frac{h}{H}$ было не более 0,80 [31].

Пример 22. Известны: $Q = 8$ м³/сек, $h_k = 1{,}40$ м (с учетом заиления), $b_k = 4$ м; $m = 1{,}0$.

Решение: принимаем $P = 0{,}55$, $h_k = 0{,}55 \times 1{,}40 = 0{,}77$ м, тогда $b_п = b_k + 2mP = 4 + 2 \times 1 \times 0{,}77 = 5{,}54$ м; $h = h_k - P = 1{,}40 - 0{,}77 = 0{,}63$ м.

Подбор по формуле (62) для $Q = 8$ м³/сек дает $H = 0{,}79$ м. Подставляя известные и найденные величины в формулу (62), получаем:

$$Q = \left(0{,}37 + \frac{0{,}79}{0{,}77}\right)\left(5{,}54 + 0{,}79 \times 1\right)0{,}79 \times$$

$$\times \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 0{,}79} = 8{,}1 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Относительное затопление $\frac{h}{H} = \frac{0{,}63}{0{,}79} = 0{,}80$ удовлетворяет условию. В результате получаем следующие размеры и величины ВПС:

$b_к = 4{,}0$ м; $b_п = 5{,}54$ м; $m = 1{,}0$; $P = 0{,}77$ м; $H = 0{,}79$ м; $h = 0{,}63$ м; подпор $\Delta H = 0{,}79 - 0{,}63 = 0{,}16$ м.

При точном (в пределах допусков) выполнении размеров ВПС учет воды производится по таблицам, рейкам или приборам, размеченным по расходной формуле. Тарировка не требуется [31].

О ВНЕДРЕНИИ КИБЕРНЕТИКИ И ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН В ПРАКТИКУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Забор воды из источника орошения, ее распределение между каналами, хозяйствами и использование на полях орошения является сложным процессом, который изменяется природными условиями данного района, к которым относятся: погодно-климатические условия, водоносность рек, колебание уровня грунтовых вод и др.

Изменения в водоподаче или прекращение ее в отдельных частях системы зависят и от других причин

(прорывы, изменение структуры площадей, подлежащих поливу). Все это в той или иной мере отражается на выполнении планов водопользования.

Диспетчеризация водного хозяйства во многом обязана диспетчеризации железных дорог и энергетики.

В диспетчерском пункте управления оросительной системой фактическое состояние отдельных элементов ее фиксируется с помощью заранее расставленных эксплуатационных сигналов. Каждый такой сигнал — информация о состоянии того или иного объекта [38].

По определению акад. И. А. Шарова, кибернетикой в общем виде называется наука о процессах управления сложным предприятием на основе применения средств информации (сигналов).

В кибернетике широко используются математические методы выбора оптимальных решений и на основе их подача соответствующих распоряжений на пункты исполнения операций [38].

Нередко регулирующие устройства выполняют функции регулирования без участия человека (автоматизация).

Для того чтобы правильно пользоваться информацией, необходимо знать, какие приемы позволят превратить информацию в математическое выражение (формулу) и как пользоваться такой формулой (алгоритмом преобразования).

Своевременность и надежность информации — основной показатель работы сигнализационных устройств. Сигналы поступают непрерывно или прерывисто в зависимости от устройств и от события [38].

Кибернетические устройства — устройства, воспринимающие сигналы и преобразующие их в выводы для оперативной работы.

Процесс сельскохозяйственного водопользования настолько сложен, что распространить на него кибернетические устройства, разработанные для энергетики, не представляется возможным без соответствующей творческой переработки.

Вопросы водозабора и водораспределения легче подвергаются телемеханическому управлению (телеизмерению, телесигнализации). Однако третья часть водопользования — водоиспользование — связано с многочисленными факторами, влияющими на процесс сельскохозяй-

ственных работ. Поэтому внедрение кибернетики в водопользование находится в зачаточном состоянии. В этом отношении пока что делаются робкие шаги.

Объем вычислительных работ при составлении планов водопользования по крупной оросительной системе или бассейну реки представляет собой внушительную цифру. Так, для составления плана водопользования по бассейну р. Зарафшан, орошающей более 0,5 млн. га земель в Самаркандской и Бухарской областях УзССР, выполняется около 2 млн. арифметических операций с применением простейших механизмов (арифмометров, конторских счетов и логарифмических линеек), на что затрачивается около 1000 чел.-дней [34]. Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации в настоящее время делается попытка [34] разработать и внедрить в практику управлений оросительных систем методику составления планов водопользования на электронно-цифровых вычислительных машинах (ЭЦВМ).

Для составления хозяйственного плана водопользования в основном для определения потребных декадных расходов воды и декадных заданий по поливам сельскохозяйственных культур во ВНИИГИМ использована малая универсальная вычислительная машина «НАИРИ», позволяющая вводить автопрограммирование (АП), близкое к математическому [34].

При автопрограммировании можно производить вычисления, не обращаясь к программированию на внешнем коде, требующему специальных знаний [34].

Характеристика ЭЦВМ «НАИРИ»: быстродействие — 200 операций в секунду; оперативная память — 1024 ячейки; система ввода — РТА (для ввода с клавиш); система вывода — СТА (для ввода с ленты).

Применение электронно-вычислительных машин для составления плана водопользования является новым этапом в улучшении эксплуатации оросительных систем.

Внедрение новой прогрессивной техники в эксплуатацию систем требует прежде всего подготовленные кадры, повышения квалификации работников эксплуатации действующих систем.

Развитие новых специальных областей науки, техники в будущем должно поднять сельскохозяйственное водопользование на должную высоту.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Разметки верхних расходных реек для водослива А. И. Иванова по формуле $Q = мвH^3/_2$

$в = 0{,}25$ м		$в = 0{,}50$ м		$в = 0{,}75$ м		$в = 1{,}00$ м		$в = 1{,}25$ м	
Q л/с	H мм	Q л/с	H мм	Q л/с	H мм	Q л/с	H мм	Q л/с	H мм
5	45	10	47	10	36	20	47	20	41
10	70	20	72	20	57	40	74	40	66
15	87	30	93	30	74	60	96	60	85
		40	112	40	88	80	116	80	102
		50	127	50	102	100	133	100	118
		60	142	60	115	120	150	120	133
		70	156	70	126	140	165	160	146
		80	167	80	137	160	179	180	159
				90	147	180	193	200	171
				100	157	200	206	220	183
				110	166	220	219	240	194
				120	176	240	231	260	204
				130	185	260	242	280	215
				140	193	280	253	300	225
				150	201	300	264	320	235
				160	209	320	274	340	244
				170	217	340	284	360	254
				180	225	360	295	380	263
				190	233	380	305	400	272
				200	241	400	315	420	281
				210	248	420	324	440	289
								460	297
								480	305
								500	313
								520	321
								540	329
								560	337
								580	345
								600	353
								620	361
								640	368
								660	380
								700	392

Q — расход воды при незатопленном водосливе;

H — расстояние по вертикали, от нуля рейки до отметки с расходом Q.

Приложение 2

Разметки нижних расходных реек для водослива А. И. Иванова по формуле $q = 0{,}67\ h^{1{,}585} \cdot в$

$в = 0{,}25$ м		$в = 0{,}50$ м		$в = 0{,}75$ м		$в = 1{,}00$ м		$в = 1{,}25$ м	
q л/с	h мм	q л/с	h мм	q л/с	h мм	q л/с	h мм	q л/с	h мм
1	31	5	55	5	43	5	38	5	31
2	48	10	85	10	66	10	55	10	48
3	62	15	110	15	85	15	71	15	62
		20	132	20	102	20	85	20	74
				25	117	25	98	25	85
				30	132	30	110	30	96
				35	145	35	121	35	105
				40	158	40	132	40	115
				45	170	45	142	45	124
				50	183	50	152	50	132
				55	194	55	161	60	148
				60	204	60	170	70	163
						65	179	80	178
						70	188	90	191
						75	196	100	204
						80	204	110	217
						85	212	120	229
						90	220	130	241
						95	228	140	252
						100	235	150	264
						105	243	160	275
						110	250	170	286
						115	256	180	296
						120	262	190	306
								200	316
								210	326
								220	336

q — расход воды (в л/сек), на который уменьшается пропускная способность водослива при затоплении с нижнего бьефа на величину h (в мм).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Аскочинский А. Н.* Орошение и обводнение в СССР. М., изд-во «Колос», 1967.

2. *Ахмедов Х. А.* Сугориш мелиорацияси. Ташкент, изд-во «Учитель», 1964.

3. *Ахмедов Х. А., Подгорнов Г. Г., Рачинский А. А., Синякин А. Ф., Хорст Г. О.* Сельскохозяйственные мелиорации. Ташкент, Узгосиздат, 1959.

4. *Ахмедов Х. А.* Колхозное водопользование. Ташкент, Узгосиздат, 1952.

5. *Ахмедов Х. А.* Ирригация Хорезма. Ташкент, изд-во «Узбекистан», 1965.

6. *Ахмедов Х. А., Безроднов Н. А., Венгерский В. М., Сапельников Н. С.* и др. Организация производства в колхозах. Ташкент, Узгосиздат, 1957.

7. *Ахмедов Х. А.* Пути повышения водообеспеченности и коэффициента использования воды в условиях маловодного года. «Сельское хозяйство Узбекистана». 1962, № 5.

8. *Батраков Ю. Г., Дзядевич И. А., Лебедев П. Ф., Зайдман Я. Д., Неумывакин Ю. К., Окулич-Казарин Э. Л., Алещенко В. Я.* Планировка орошаемых земель. М., изд-во «Колос», 1964.

9. *Битюков К. К., Дорожко П. К.* Орошение сельскохозяйственных культур в степных районах. М., изд-во «Колос», 1965.

10. *Варунцян Э. С.* Форсированная промывка засоленных земель. «Хлопководство», 1963, № 4.

11. *Весманов В. М., Толчинский М. Л., Гречихин Н. И., Горелик А. П.* Поливные машины для хлопководства. «Хлопководство», 1968, № 11.

12. *Данилова Г. В., Вылков К. А.* Полимеры и синтетические материалы в водном хозяйстве. «Гидротехника и мелиорация». 1963, № 7.

13. *Духовный В. А.* Голодная степь покоряется человеку. «Гидротехника и мелиорация», 1968, № 5.

14. *Еременко В. Е.* Режим орошения и техника полива хлопчатника в Узбекистане. Ташкент, Узгосиздат, 1957.

15. Информационные листки института «Средазгипроводхлопок». 1964, № 1—2; 1965, № 10; 1966, № 29.

16. *Калашников А. И.* Опыт боковых промывок засоленных земель. Ташкент, изд-во «Фан», 1967.

17. *Кац Д. М.* Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях. М., изд-во «Колос», 1967.

18. *Клокова М Т., Кремнева Ж. Ф., Нестеров Е. А.* Пластмассовые перегородки на рисовых системах. «Гидротехника и мелиорация». 1966, № 1.

19. *Костяков А. Н.* Основы мелиораций. Изд. VI. М. Сельхозгиз, 1960.

20. *Кривовяз С. М.* Механизация и районирование техники полива. Ташкент, изд-во «Узбекистан», 1966.

21. *Легостаев В. М., Коньков Б. С.* Мелиоративное районирование. Узгосиздат, 1951.
22. *Лактаев Н. Т.* Водопользование в хлопкосеющих колхозах. Ташкент, Узгосиздат, 1955.
23. *Ляпин А. Н.* и *Челюканов М. Д.* Изучение техники полива по бороздам (методические указания). Ташкент, изд. УзИНТИ, 1965.
24. *Мамедов А. М.* Развитие ирригации в Узбекистане. Ташкент, изд-во «Фан», 1967.
25. *Маслов Б. С. и Нестеров Е. А.* Вопросы орошения и осушения в США. М., изд-во «Колос», 1967.
26. Материалы объединенной сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР по вопросам мелиорации. Ташкент, «Фан», 1967.
27. *Поляков Н. В.* Организация и эксплуатация мелиоративных систем. М.-Л., Сельхозгиз, 1932.
28. *Пославский В. В., Гиршкан С. А., Новиковский В. Э., Сокольская В. В.* Применение пластмасс в ирригации. Ташкент, изд-во АН УзССР, 1963.
29. *Пулатов У. Ю., Рождественский Е. Д., Аскаров Х. А.* и др. Вопросы строительства и хозяйственного освоения Голодной степи. Ташкент, изд-во АН УзССР, 1960.
30. Институт почвоведения им. В. В. Докучаева. Мелиорация засоленных почв. 1967.
31. *Бутырин М. В.* Автоматизация учета и регулирование воды на оросительных системах. В кн. Справочник гидротехника-ирригатора. Часть II, Ташкент, изд-во «Узбекистан», 1964.
32. Справочник гидротехника. Алма-Ата, изд-во «Кайнар», 1966.
33. Технические указания по проектированию каналов оросительных систем. М., 1955.
34. *Халбаева Р. А.* Планирование водопользования с применением электронно-вычислительных машин. «Гидротехника и мелиорация», 1967, № 5.
35. *Худайбердиев Н. Д.* Севообороты — основа высоких урожаев. «Хлопководство», 1968, № 8.
36. *Челюканов М. Д.* Полив хлопчатника в целинных совхозах Голодной степи с помощью трубок-сифонов и гибких трубопроводов. Ташкент, изд. УзИНТИ, 1967.
37. *Шамрай Л. Н.* Мероприятия по уменьшению потерь воды из каналов на фильтрацию. Автореферат. Ташкент, 1966.
38. *Шаров И. А.* Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., изд-во «Колос», 1968.
39. *Шардаков В. С.* Определение сроков поливов хлопчатника по величине сосущей силы листьев. Ташкент, Изд-во АН УзССР 1953.
40. *Шейнкин Г. Ю., Сурин В. А., Горбунова Е. Н.* Оросительная сеть с закрытыми трубопроводами. М., изд-во «Колос», 1965.
41. *Штыка В. П.* Строго учитывать каждый кубометр воды. «Хлопководство», 1968, № 8.
42. *Шульга Н. К., Дукмасов А. И.* Пособие поливальщику. М., изд-во «Колос», 1966.
43. *Эргашев А.* Закономерности передвижения воды и солей в почве при промывках по бороздам. Автореферат, 1964.
44. Эксплуатация оросительных систем Узбекистана. Изд. Министерства мелиорации и водного хозяйства УзССР. Ташкент, 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава I. **Общие положения** 5
Сельскохозяйственное водопользование в прошлом и настоящем 5
Мелиоративное состояние орошаемых земель 5
Водообеспеченность оросительных систем 16
Проблемы использования водных ресурсов Амударьи, Сырдарьи и переброса стока сибирских рек в Среднюю Азию 17
Развитие планового водопользования и организация орошаемой территории 20

Глава II. **Научно-производственные основы водопользования** . 27
Режим орошения сельскохозяйственных культур 27
Урожайность сельскохозяйственных культур и коэффициент водопотребления их 35
Гидрогеологические условия и солевой режим почвы . . 36
Поливной режим хлопчатника 40
Поливной режим люцерны 44
Поливной режим риса 45
Поливной режим виноградника 46
Поливной режим фруктовых садов 47
Поливной режим кукурузы и джугары 47
Поливной режим овоще-бахчевых культур 48
Методы установления оптимального режима орошения сельскохозяйственных культур 49
Способы полива сельскохозяйственных культур и промывка засоленных земель 53
Сроки промывных поливов 56
Определение промывных норм 56
Виды промывных поливов и способы полива при поверхностном орошении 57
Усовершенствование техники полива по бороздам . . . 67
Полив гибкими трубопроводами и трубочками-сифонами . 72
Механизация и автоматизация полива по бороздам . . . 76
Расчет гибких трубопроводов 78
Планировка поверхности поливных участков 85
Методы планировки поверхности для полива 88
Механизмы для планировочных работ 90

Глава III **Новая техника орошения** 93
Орошение дождеванием 93
Лотковая оросительная сеть 103
Закрытая оросительная сеть 114
Основные положения при применении комбинированной закрытой оросительной сети 117

Глава IV. **Потери воды в оросительной сети и борьба с ними** 120
Природа потерь оросительной воды и их последствия . . 120
Способы борьбы с потерями оросительной воды 122
Применение химических методов борьбы с потерями оросительной воды 124
Простейшие мероприятия по борьбе с потерями воды из оросительной сети 129
Эксплуатационные мероприятия по борьбе с потерями оросительной воды 134
Методы учета потерь воды в каналах и установление КПД в хозяйстве и системе 135

Глава V. **Планирование водопользования на ирригационной системе** 141
Составление плана водопользования по хозяйству . . . 141
Порядок определения подекадных расходов воды (нетто) на полях орошения 146
Внутрихозяйственный водооборот 148
Возможные случаи водооборота 151
Увязка полива с обработками 157
План водопользования осенне-зимнего и ранневесеннего периода 161
Составление системного плана водопользования 164

Глава VI. **Организация водопользования** 171
Порядок составления и утверждения планов водопользования 171
Подготовка полей к поливу 172
Проведение плана водопользования 174
Организация учета воды и политых площадей. Контроль качества полива 177
Методы контроля правильного водопользования 179
Упрощенный способ анализа использования воды . . . 181

Глава VII. **Новейшие водоучитывающие приборы и сооружения** 185
О внедрении кибернетики и электронно-вычислительных машин в практику сельскохозяйственного водопользования . 194

Приложения 197

Использованная литература 199