

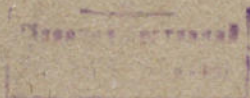
631.67
С-44

Проф. Е. Е. СКОРНЯКОВ

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ И ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ИСКУССТВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ (ИРРИГАЦИЯ)



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА
МОСКВА—1930

626.810

5585

Проф. Е. Е. СКОРНЯКОВ

631.67
е-44

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ И ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

КРАТКИЙ КОНСПЕКТИВНЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ, ЧИТАЕМЫХ
НА ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ФАКУЛЬТЕТЕ МВТУ

проверено
1966 г.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ИСКУССТВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ (ИРРИГАЦИЯ)

4904

5585
Техническое училище



✓

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА
МОСКВА—1930

И

(К)



МЕЛНОРОЗЦЫ
ОСАЩЕНТЕЛЫРНЫ
ОРОСНТЕЛЫРНЫ

НА ИЛЛЕКТРО-СКОМПОЗИЦИОННОМ МАШИНАМ
КРАТКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ



Handwritten notes and scribbles in the bottom right corner.

Мособлит № А—56.020.

7¹/₄ п. л.

Тираж 3.000 экз.

8-я типография „Мосполиграф“ Москва, улица Фридриха Энгельса, д. 46.

МОСКВА—1930

О Г Л А В Л Е Н И Е

	<i>Стр.</i>
Предисловие	5
I. Сущность искусственного орошения и районы его распространения	7
II. Источники орошения и схемы ирригационных систем	12
III. Головные сооружения оросительных систем	16
IV. Магистральные каналы	19
V. Сооружения на магистральных каналах	27
VI. Каналы распределительные и оросительные	32
VII. Потери воды в каналах и меры к их предупреждению	33
VIII. Желоба и трубы	36
IX. Водоотводные каналы	38
X. Орошаемые культуры	40
XI. Подготовка почвы к орошению	42
XII. Производство поливов	43
XIII. Вред чрезмерного орошения	55
XIV. Магасинирование оросительных вод (водохранилища)	58
XV. Эксплоатация оросительных систем	66
XVI. Механический под'ем воды для орошения	74
XVII. Стоимость и рентабельность искусственного орошения	89
XVIII. Изыскания и исследования, необходимые для составления проекта ирригационной системы	91
XIX. Паводковое и лиманное орошения	95
XX. Организация оросительных предприятий	105

ОТ АВТОРА

Сод.

5	Предисловие
7	I. Сущность и историческое развитие в развитии его распространения
12	II. Методы орошения в сельском хозяйстве систем
16	III. Основные требования орошения систем
19	IV. Материальные затраты
23	V. Требования к конструктивным каналам
25	VI. Каналы распределительные и оросительные
28	VII. Потери воды в каналах и меры к их предупреждению
30	VIII. Мелочи и труды
32	IX. Борозденные каналы
34	X. Оросительные культуры
37	XI. Подготовка почвы к орошению
43	XII. Пропашечное полеводство
45	XIII. Борозденное орошение
48	XIV. Материальные затраты (подводный)
50	XV. Эксплуатация орошения систем
54	XVI. Механическая часть вод при орошении
60	XVII. Стоимость и производительность истощенного орошения
61	XVIII. Настройка и обслуживание, необходимые для системного проекта
62	XIX. Заключение к данному орошению
63	XX. Орошение орошения предприятий

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий труд представляет в конспективном виде I часть курса моих лекций, читаемых на Инженерно-Строительном Факультете МВТУ для студентов Гидротехнического Цикла по двум основным отраслям мелиоративного дела—оросительной и осушительной. Так как студенты, приступая к моему предмету, уже заканчивают занятия по предмету «Гидротехнические сооружения», то в моем курсе я совершенно не касаюсь ни методов расчета и проектирования отдельных гидротехнических сооружений (плотин, шлюзов, каналов, перепадов, акведуков и пр.), ни способов их постройки, а даю лишь (в пределах отведенных двух лекционных часов в одном триместре) общие описания способов проектирования и организации мелиоративных систем в целом и отмечаю места и роли в этих системах отдельных гидротехнических сооружений. Помимо этого, я даю в моем курсе кратко сведения по эксплуатации мелиоративных систем, а также по сельскохозяйственной и экономической сторонам мелиоративного дела. Без этих сведений никакой инженер-строитель гидротехник не сможет сознательно относиться к делу организации мелиоративных систем и к проектированию и устройству гидротехнических сооружений на них.

Материалами для составления настоящего труда послужили: мой личный опыт по оросительным работам на Юго-Востоке и в Туркестане, сведения, полученные мною во время командировки в Северную Америку, Северную Африку и Западную Европу в 1909—1911 гг., и многочисленные литературные источники на иностранных и русском языках. Из последних я шире всего пользовался трудом проф. А. Н. Костякова «Основы мелиораций». Данные о египетском способе орошения «бассейнами затопления» и о «лиманном орошении» почти полностью взяты из этой книги.

Проф. Е. Скорняков.

I. Сущность искусственного орошения и районы его распространения.

Искусственное орошение или ирригация (от латинского *irrigatio*—орошение) есть отрасль сельскохозяйственной гидротехники, занимающаяся вопросами искусственного доставления влаги в почву в целях более успешного выращивания культурных растений.

Действие применяемой для орошения воды на почву может выражаться: 1) в увлажнении почвы: вода играет существенную роль в образовании растительного организма; из углекислоты и воды под влиянием солнечных лучей в хлорофильных зернах образуется новое органическое вещество; кроме того, вода является постоянной составной частью растительного организма (некоторые растения, например, свекла, содержит до 90% воды) и посредником всех жизненных процессов его, в том числе и испарения; 2) в удобрении почвы: вода, помимо своего непосредственного значения для питания растения, несет с собою в почву посторонние вещества, которые в большинстве случаев обладают свойствами удобрения; при соответствующем качестве и достаточном количестве оросительных вод можно получать с лугов и полей постоянно высокие урожаи, без применения какого-либо другого удобрения; 3) в предохраняющем от заморозков влиянии на почву: своевременное орошение ослабляет вред, наносимый весенними заморозками, так как покрывающая землю вода препятствует сильному лучеиспусканию теплоты по ночам; точно так же, когда случается мороз, орошение ранним утром может смягчить переход от ночного холода к солнечному теплу и ослабить вред быстрого оттаивания замерзших растений; 4) в уничтожении вредных свойств почвы, например, болотистой, богатой гумусовыми кислотами и растворимыми солями железа и марганца, вредными для растений, или солончаковой, содержащей $MgCl_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4 , $NaCl$ и др. вредные для растений соли; при правильной ирригации указанные вещества растворяются и уносятся водой; 5) в уничтожении вредных для растений животных: так, при помощи ирригации можно успешно бороться с разного рода роющими животными (сусликами, хомяками, мышами и пр.), а также насекомыми (филоксера).

Важнейшее из всех действий ирригации на почву и растения—увлажнительное. Поэтому главными районами применения

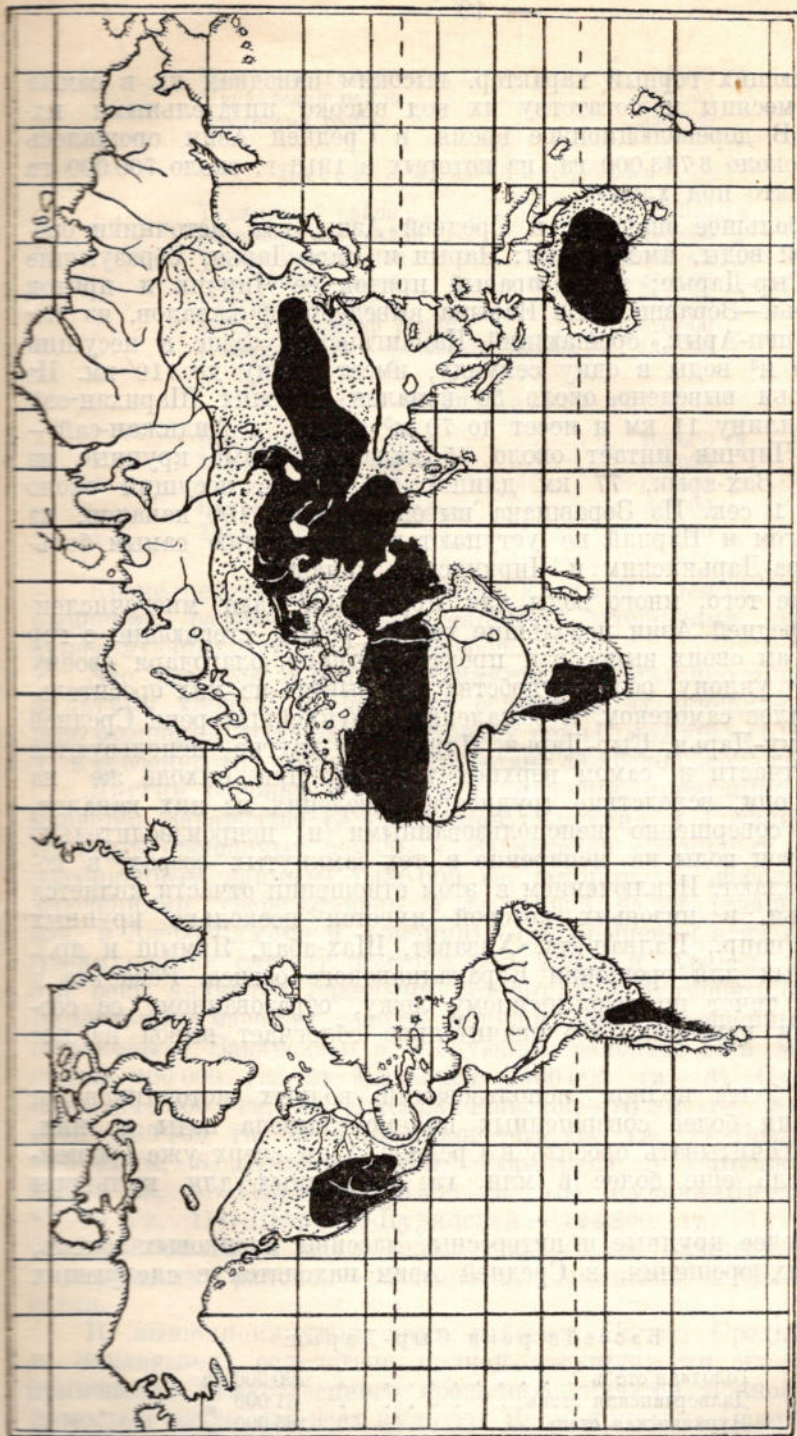
ирригации являются местности, в которых баланс между выпадающей и испаряющейся влагой сводится для почвы с явным минусом. В Западной Европе, вследствие увлажняющего влияния Гольфстрема, таких местностей относительно мало. К ним могут быть отнесены только: южная Испания, некоторые местности южной Франции, Италии и Балканского полуострова. В Европейской части СССР таких местностей уже больше: нижнее Поволжье, восточная часть северного Кавказа, южная часть Украины и Крым. Еще больше мест, нуждающихся в искусственном увлажнении, в Азии: обширные пространства пустыни Тоби с прилежащими к ней частями Китая, средне-азиатские республики СССР, весь Аравийский полуостров, почти вся Персия, значительная часть Турции и западная часть Индии (Пенджаб). К таким же местностям относятся: вся северная Африка (Сахара, Алжир, Тунис, Египет), западная часть южной Африки, вся юго-западная Австралия и значительные площади земель в Северной и Южной Америке, расположенные возле Скалистых гор и Кордильеров (фиг. 1).

Искусство ирригации чрезвычайно древне—оно возникло, по-видимому, одновременно с земледелием. В Месопотамии оно применялось широко еще за 5 000 лет до нашей эры, в Египте—за 2 000—3 000 лет, в Индии—за 1 000 лет и т. д. По приблизительным подсчетам, основанным на статистических данных, в различных странах земного шара постоянно орошаются следующие площади земель в тысячах гектаров:

Индия	20 000	Ява	1 200
САСШ	8 000	Испания	1 000
СССР	3 500	Аргентина	800
Египет	3 000	Сiam	700
Япония	2 600	Австралия	400
Франция	2 400	Перу	300
Италия	1 800	Южная Африка	300
Мексика	1 600	Канада	260
Чили	1 200		

Итог вышеприведенных цифр составляет около 49 000 000 га, однако, в этот список совершенно не вошли многие страны с широким применением ирригации, но не располагающие статистическими данными о ее распространении, а именно: Китай, Турция, Персия и др. Можно считать ориентировочно, что общая площадь орошаемых земель составляет на всем земном шаре не менее 60—70 млн. га.

Представляя собой страну с резко выраженным континентальным климатом, СССР обладает очень большими потребностями в искусственном орошении. Вся жизнь Средне-Азиатских республик, вся доходность их сельского хозяйства, производящего такие ценные и необходимые продукты, как хлопок, основаны на ирригации, для развития которой здесь имеются чрезвычайно благоприятные условия, благодаря большим уклонам



Области достаточного увлажнения
 " неустойчивого " "
 " недостаточного " "

Фиг. 1. Карта распределения степеней увлажнения по поверхности земного шара.

рек, имеющих горный характер, высоким паводкам их в самые жаркие месяцы и богатству их вод высоко питательными наносами. В дореволюционное время в Средней Азии орошалось посевов около 3 743 000 га, из которых в 1916 г. около 700 000 га было занято под хлопок.

Наибольшее значение в Средней Азии, как источники оросительной воды, имеют реки: Нарын и Кара-Дарья, образующие вместе Сыр-Дарью; затем правый приток ее Чирчик и приток Аму-Дарьи—Зеравшан. Из Нарына выведено 13 каналов, из которых Янги-Арык, орошающий Наманганский оазис и несущий около 40 м³ воды в одну секунду, имеет длину до 110 км. Из Кара-Дарьи выведено около 50 каналов, из них Шарихан-сай имеет в длину 11 км и несет до 70 м³ в сек., а Андижан-сай— 6,5 м³. Чирчик питает около 45 каналов, самые крупные из которых: Зах-арык, 77 км длиной, и Бос-су, несущий около 76 м³ в 1 сек. Из Зеравшана выведено более 100 каналов; из них Даргом и Нарпай не уступают по многоводию самым большим Кара-Дарьинским и Чирчикским каналам.

Кроме того, много воды для ирригации дают многочисленные в Средней Азии небольшие горные речки, стекающие с гор по конусам своих выносов и представляющие, благодаря своему большому уклону, особые удобства для вывода из них оросительных каналов самотеком. К сожалению, крупнейшие реки Средней Азии—Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Или, Чу и другие—используются только отчасти в самом верхнем течении; при выходе же на равнину они, вследствие трудности выведения из них каналов, остаются совершенно неиспользованными и непроизводительно теряют свои воды на испарение в тех замкнутых озерах, в которые впадают. Исключением в этом отношении отчасти является Аму-Дарья, в низовьях которой имеется несколько крупных каналов (напр., Палван-ата, Хазават, Шах-абад, Ярмыш и др.), выведенных для орошения Каракалпакского оазиса. Река эта в низовьях течет по возвышенному ложу, образованному ее собственными наносами, что значительно облегчает вывод из нее каналов.

При более полном использовании водных источников и применении более совершенных приемов вывода воды из них, можно рассчитывать оросить в Средней Азии сверх уже орошенных земель еще более 6 млн. га, пригодных для культуры хлопка.

Наиболее крупные и интересные массивы хлопковых земель, требующих орошения, в Средней Азии находятся в следующих районах:

Бассейн реки Сыр-Дарья:

Голодная степь	700 000 га
Далверзинская степь	61 000 „
Нуратинская степь	165 000 „

Чаардаринская степь	55 000 га
Чирчикский район	260 000 "
Отрарский район	330 000 "

Бассейн реки Аму-Дарьи:

Таджикский район	242 000 га
Зеравшанский район	240 000 "
Туркменский район	1 705 000 "
Чимбайский район	473 000 "
Кунградский район	110 000 "
Куня-Унгенский район	520 000 "
Нижняя часть Хорезмского оазиса .	132 000 "

Бассейн Каспийского моря:

Прикаспийский район	209 000 га
Мессерианский район	185 000 "
Чикишларский район	110 000 "
Вайрам-Алийский район	99 000 "
Такырный район	22 000 "

Кроме перечисленных районов, хлопковые земли, требующие орошения, разбросаны значительными площадями среди уже существующих орошаемых оазисов.

Что касается земель с климатом недостаточно теплым для культуры хлопка, то наиболее обширные их площади, требующие орошения, находятся в низовьях реки Сыр-Дарьи (1 160 000 га) и, в особенности, по линии Туркестан-Сибирской жел. дор.

Другим районом широкого применения ирригации в СССР является Закавказье (Азербайджан, Армения и Грузия). Общая площадь орошаемых земель в Закавказьи составляет (по дореволюционным данным) 1 430 000 га, которые, за небольшим исключением, сосредоточены в восточной части (главным образом, в Азербайджане и Армении). Для орошения этих земель по преимуществу служат притоки рек Куры и Аракса, сами же эти реки являются главными источниками будущего орошения. Наибольшие массивы земель, могущих быть орошенными, расположены в Закавказьи в следующих районах: 1) в Муганской степи—300 000 га, 2) Мильской—330 000 га, 3) Сардарабадской—118 800 га, 4) Джейранчольской—70 201 га, 5) Ширакской—189 700 га, 6) Караязской—133 264 га, 7) Боздагской—82 500 га, 8) Аджинаурской, Тюрютекой и Саруджинской—88 000 га, 9) Геанской—38 500 га, 10) Курино-Ширванской—82 500 га, 11) Ширвано-Куриной—124 800 га, 12) Сальянской—93 756 га, а всего—около 1 600 000 га. Важнейшие из упомянутых районов—Муганская, Мильская и Ширванские степи.

В вышеупомянутых двух районах Союза, Средней Азии и Закавказья, вследствие полной засушливости их климата, применение искусственного орошения является полной необходимостью почти для всех культур. Но в пределах Союза имеются

также обширные пространства земель в Нижнем Поволжье, на юге Украины и на Северном Кавказе, хотя не столь засушливых, но все же периодически страдающих от засух (годы: 1891, 1897, 1888, 1901, 1906, 1911, 1912, 1920, 1921, 1924) настолько, что населению их приходится в засушливые неурожайные годы голодать и разорять свои хозяйства, правительству же и общественным организациям затрачивать значительные средства на продовольственную и другие виды помощи. Так, общая сумма помощи (денежной, продовольственной, семенной и др.) составила с 1891 по 1926 гг. для засушливых местностей СССР—1 433 800 000 руб., из коих 925 800 000 руб. до революции и 508 000 000 руб. в советское время.

На землях этих местностей столь широкое применение ирригации, как в Средней Азии и Закавказьи, при современных условиях неосуществимо; этому препятствуют: недостаточность уклона протекающих здесь рек, высокое положение над ними страдающих от засухи земель, невозможность культуры вследствие относительной суровости климата ценных культур (хлопок) и возможность получения в некоторые обильные осадками годы высоких урожаев зерновых хлебов и без всякого орошения. Здесь ирригация может практиковаться лишь небольшими участками, распределенными среди обширных пространств, так называемого, «сухого земледелия» в целях страхования хозяйств от разорения во время засух (оазисное орошение). Однако, и здесь общая сумма площадей таких небольших участков может измеряться миллионами гектаров.

Кроме вышеперечисленных местностей СССР, ирригация имеет место в небольших размерах в горных частях Крыма (орошается около 20 000 га, главным образом, садовых культур) и на Северном Кавказе (главным образом, в Дагестане).

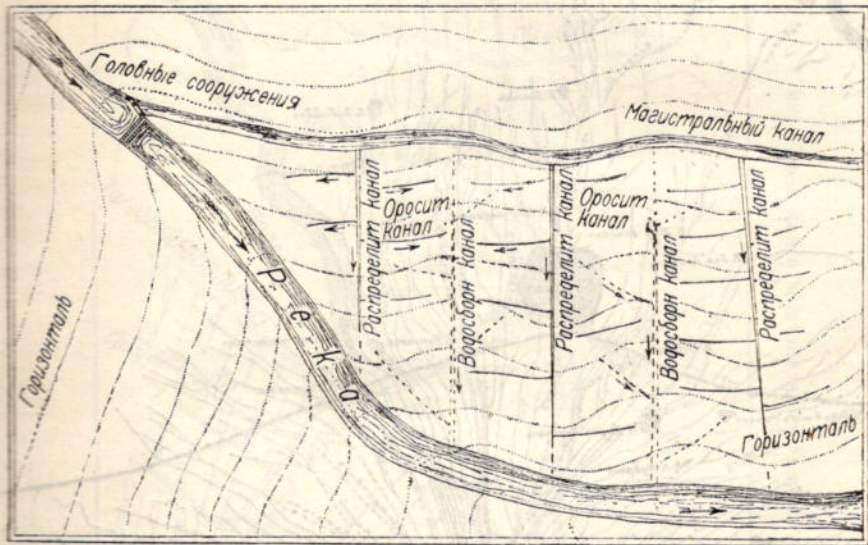
II. Источники орошения и схемы ирригационных систем.

Вода для ирригации может быть получена из следующих родов источников: 1) надземных, к которым относятся реки, ручьи, озера, пруды и 2) подземных—ключей, родников, водосборных галлерей и колодцев. Первый род источников имеет значительно большее распространение, нежели второй. Так, по данным ирригационного обследования, произведенного в 1920 г. в САСШ, оказалось земель, орошаемых из надземных источников—84,5%, из подземных—8,1% и из смешанных—7,4⁰/₀ ¹⁾.

Главнейшие надземные источники воды для ирригации—реки, вода из которых в большинстве случаев выводится самотеком. По американским данным, таким способом орошалось в 1920 г. 75,7% всей орошаемой площади САСШ.

¹⁾ Более подробные данные по американской ирригационной статистике см. статью проф. Е. Е. Скорнякова „Анализ статистических данных по искусственному орошению в САСШ“. Издание ГИСХМ, Москва, 1925 г.

Наиболее распространенная схема оросительной системы, получающей воду из реки самотеком, заключается в следующем (фиг. 2). От реки, текущей со значительным уклоном, отводится канал с меньшим уклоном, чем река. Канал этот постепенно отдаляется от реки и на некотором расстоянии оказывается занимающим командующее положение над участком земли, расположенным между ним и рекой. Такой канал, непосредственно берущий воду из реки, обыкновенно называется главным или магистральным, и из него может быть орошаема лю-



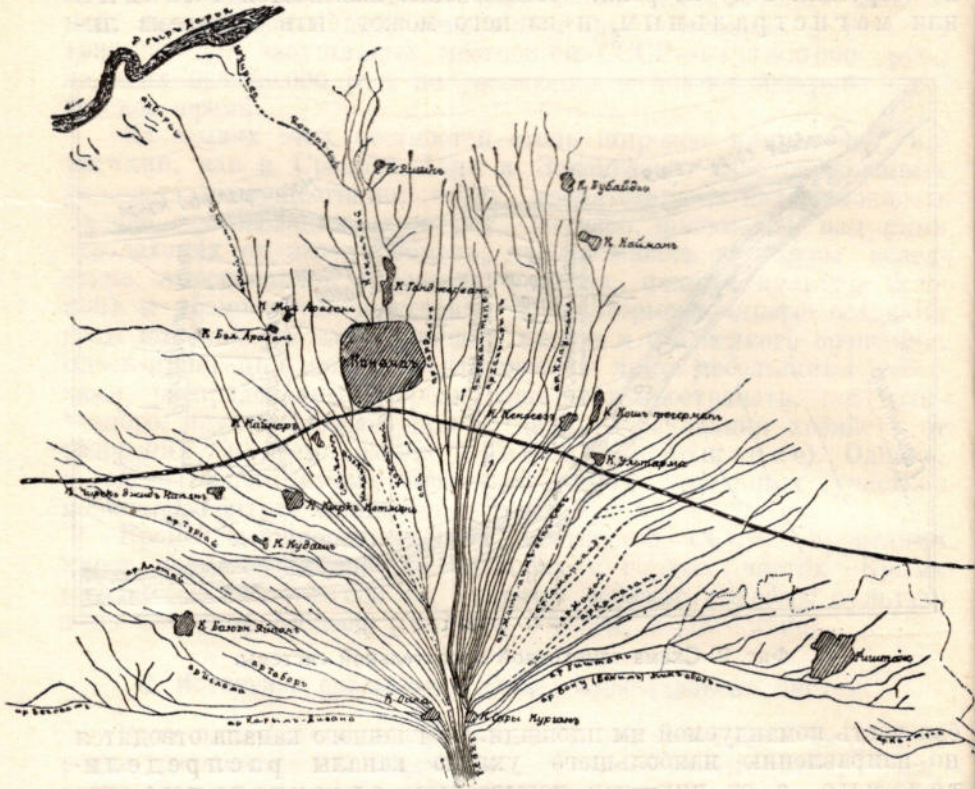
Фиг. 2. Схема самотечной оросительной системы.

бая часть командуемой им площади. От главного канала отводятся по направлению наибольшего уклона каналы распределительные, а от них—так называемые, оросительные каналы, из которых вода уже распределяется по полям. Последние две категории каналов—распределительные и оросительные—вместе составляют, так называемую, распределительно-оросительную сеть.

Вышеприведенная схема вывода воды из реки самотеком является наиболее типичной и наиболее распространенной. Она несколько изменяется только в том случае, когда горная речка протекает по конусу своих выносов или когда река возле своего устья протекает по приподнятому руслу, образованному ее собственными наносами. В первом случае ирригационные каналы располагаются в виде веера по образующим конуса (фиг. 3), а во втором—магистральные каналы могут отходить в напра-

влении перпендикулярном к реке, а распределительные и оросительные—в обе стороны от них (фиг. 4).

Для того чтобы случайно излишне проведенная на орошаемые участки вода на них не застаивалась, а также для предупреждения под'ема грунтовых вод от просачивающейся в подпочву оросительной воды, в наиболее пониженных местах орошаемых площадей устраиваются особые водоотводные каналы.

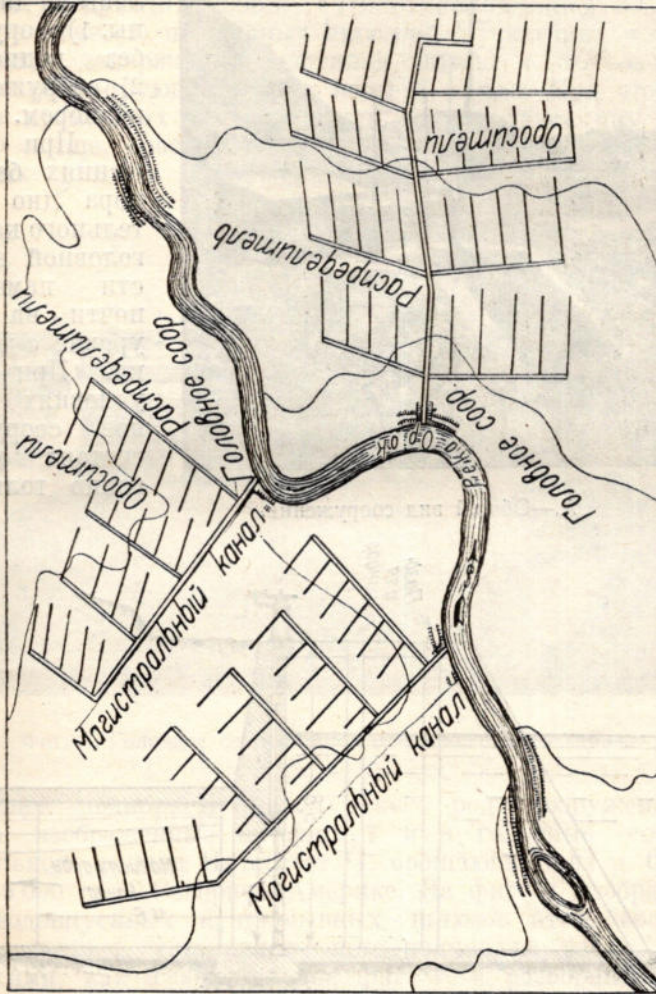


Фиг. 3. Схема орошения из р. Сохов Узбекистане.

Каналы эти так же, как и каналы оросительной сети, бывают разных размеров, начиная от чрезвычайно малых, собирающих сбросные воды непосредственно с полей, и кончая большими коллекторами (фиг. 2), впадающими обратно в реку или в отдельные низины, из которых сбросные воды выкачиваются насосами. Сеть таких каналов носит название водоотводной или водосбросной сети.

Воду из реки в главный канал направить не всегда бывает просто—обыкновенно для этого устраиваются приспособления и сооружения, стоимость которых составляет значительную часть

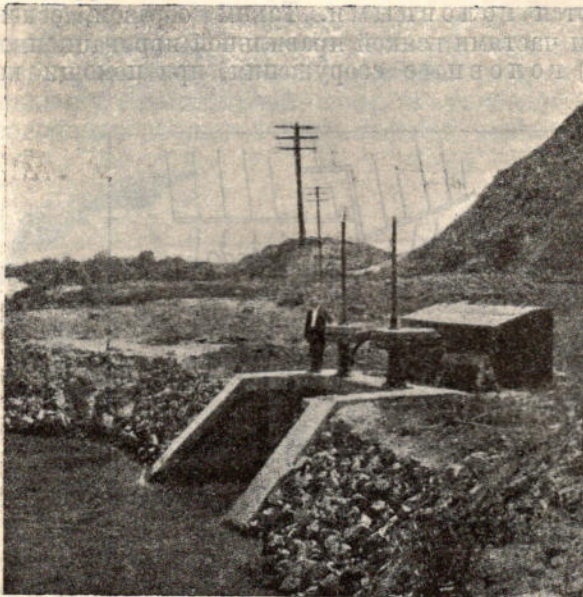
стоимости всей системы и содержание которых в постоянной исправности представляется наиболее важным. Эти сооружения обыкновенно называются головными. Таким образом, основными и неотъемлемыми частями всякой правильной ирригационной системы являются: 1) головные сооружения, при помощи ко-



Фиг. 4. Схема оросительной системы в низовьях реки.

торых вода берется из реки, 2) магистральный или главный канал, который доставляет воду, 3) распределительно-оросительная сеть, при помощи которой вода распределяется по полям, и 4) водоотводная сеть, отводящая излишнюю и отработанную воду.

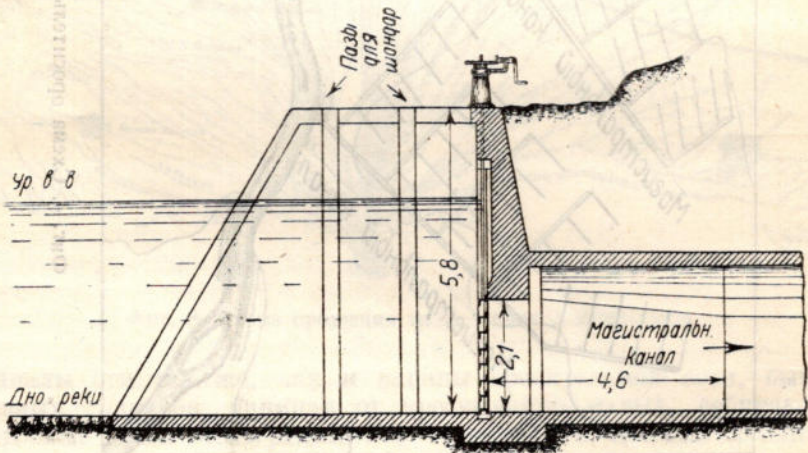
III. Головные сооружения оросительных систем.



Головные сооружения ирригационных каналов могут быть разделены на две группы: 1) сооружения без подпора и 2) сооружения с подпором.

При сооружениях без подпора дно оросительного канала в головной его части намечается почти на одном уровне с дном реки. При таких условиях головное сооружение состоит обыкновенно только из

А.—Общий вид сооружения.



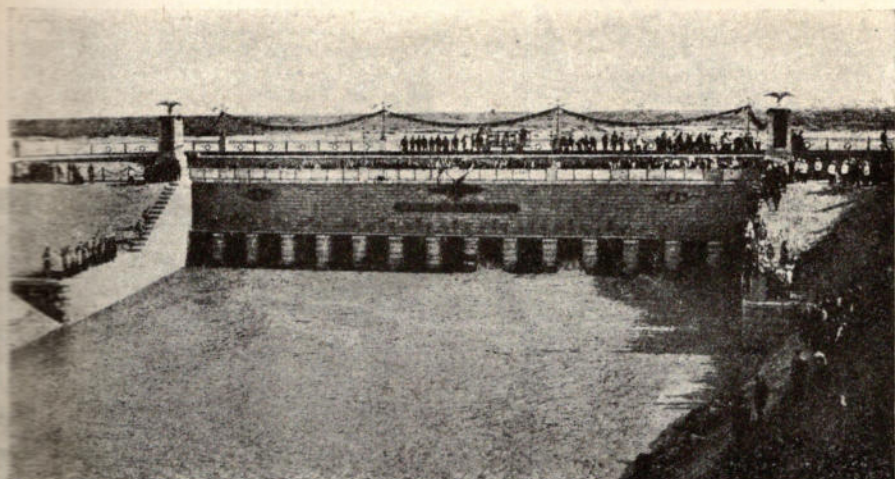
Б.—Продольный разрез сооружения.

Фиг. 5. Головное сооружение канала Хонтлей в С. Америке.

одного шлюза-регулятора, впускающего в канал требуемое количество воды и препятствующего каналу переполняться. Примерами головных сооружений этого типа могут служить: головное

сооружение канала Хонтлей ¹⁾ (фиг. 5), орошающего 11 000 га в штате Монтана Северной Америки и головное сооружение бывш. Романовского канала (фиг. 6), орошающего 65 000 га в Голодной степи.

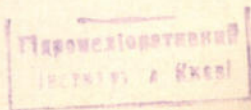
При головных сооружениях с подпором дно канала сразу несколько возвышается над дном реки, самые же сооружения состоят из следующих частей: 1) плотины, дающей необходимый подпор в реке, 2) промывных шлюзов, спускающих по мере необходимости задержанные плотиной наносы и 3) водовпускных шлюзов, регулирующих впуск воды в канал. При этом отметка порогов промывных шлюзов почти соответствует дну реки; несколько выше, сообразно расчету, располагаются пороги водовпускных шлюзов и, наконец, еще выше—гребень плотины,



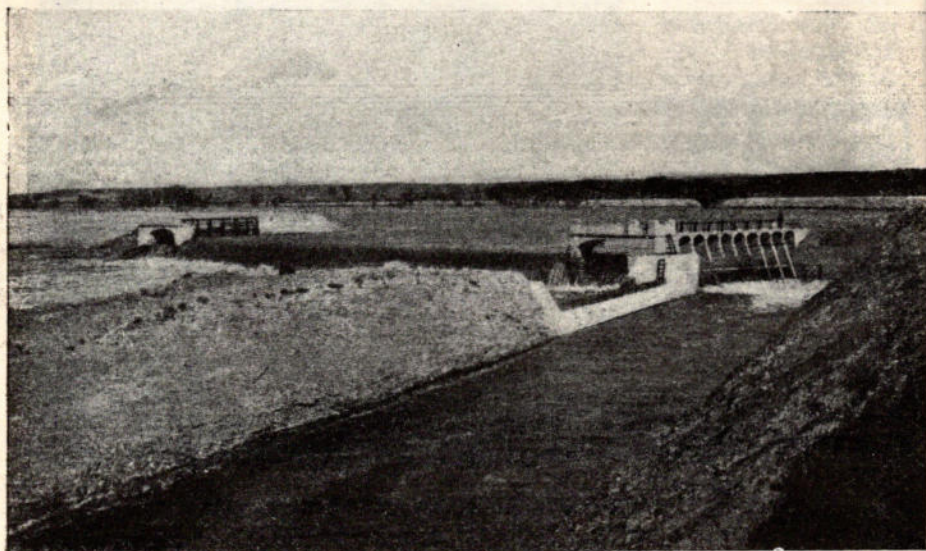
Фиг. 6. Головное сооружение Голодно-степного канала.

5855
образующей подпор. Примером такого рода сооружений могут служить изображенные на фиг. 7 и 8 головные сооружения оросительного канала Интерстет ¹⁾, орошающего из р. С. Платты около 55 000 га в Северной Америке. На фиг. 9 изображены детали водовпускных и промывных шлюзов этого сооружения. Иногда плотины, устанавливающие подпор на реках, делаются не глухими, как изображено на фиг. 7, а разборными барражного или вальцевого типов; в таких случаях промывных шлюзов

¹⁾ Подробное описание см. книгу проф. Е. Е. Скорнякова: „Оросительные предприятия правительства САСШ.“ с атласом чертежей. Издание отдела Земельных Улучшений. 1913.



не бывает. Головные сооружения без подпора значительно проще и дешевле таковых с подпором, но имеют по сравнению с ними следующие недостатки: 1) затруднительность борьбы с наносами, входящими из реки в канал, 2) необходимость устройства значительно более длинной холостой части магистрального канала и 3) затруднительное устройство водосбросов и промывных приспособлений в головной части канала, обыкновенно подпираемых высокими водами реки. От этих недостатков свободны головные сооружения с подпором. Кроме того, они дают возможность получать, вследствие подпора, некоторое количество гидравлической энергии, как это можно видеть на фиг. 10, на которой изображено головное сооружение канала Бойси (Boise) в Северной Америке с пристроенной к нему гидроэлектрической станцией на 12 000 HP.

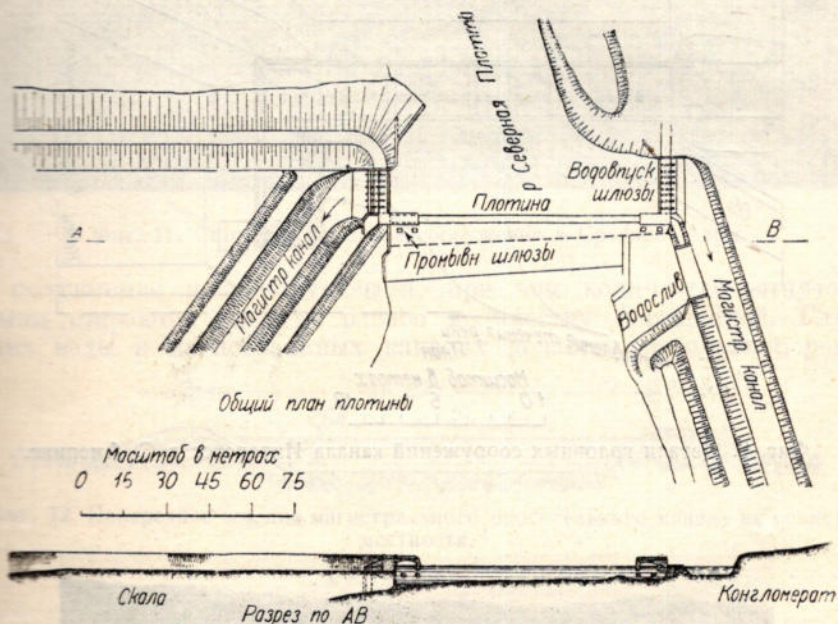


Фиг. 7. Общий вид головных сооружений канала Интерстет в С. Америке.

Головные сооружения без подпора устраиваются большей частью при выводе из больших рек относительно небольших каналов, орошающих такие площади, при которых сооружение дорогих плотин не может окупиться. Наоборот, головные сооружения с подпором устраиваются в тех случаях, когда оросительным каналом приходится брать большую часть расхода реки.

Вышеописанные головные сооружения представляют собою сооружения инженерного типа, применяемые на технически-правильных ирригационных системах. Особо должны быть отмечены головные сооружения, применяемые на туземных ороситель-

ных системах Средней Азии и Закавказья. Эти головные сооружения состоят большей частью из деревянных и фашиновых устройств, в виде «сипаев» или треног, связанных из жердей (фиг. 11), «ишаков» или козел, «карабур» или камышевых фашин, груженных камнем, и пр. Такие сооружения устраиваются самим населением, пользующимся оросительной водой, и потому стоимость их редко учитывается. Обыкновенно при каждом значительном паводке сооружения эти сносятся и населению приходится возобновлять их заново. Таким образом, дешевизна таких сооружений в значительной степени только кажущаяся.

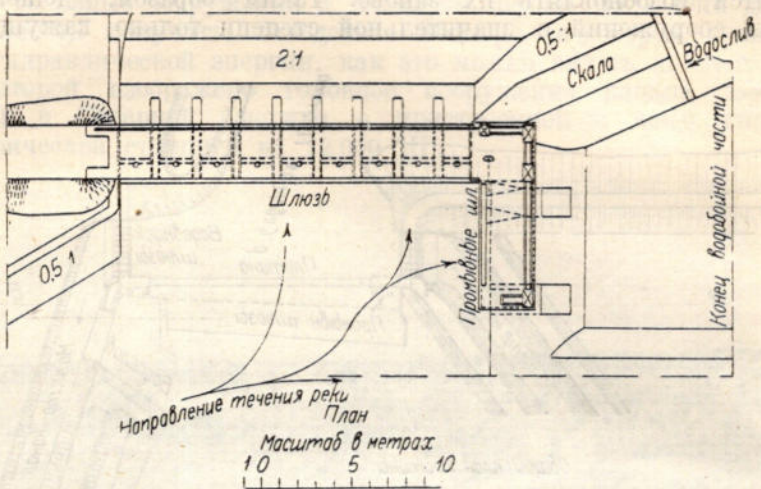
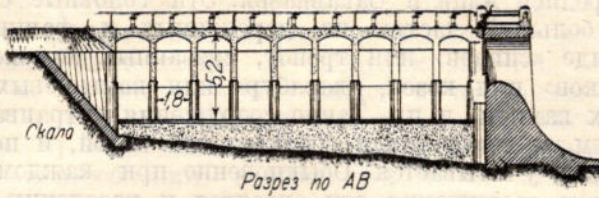


Фиг. 8. Чертежи головных сооружений канала Интерстет.

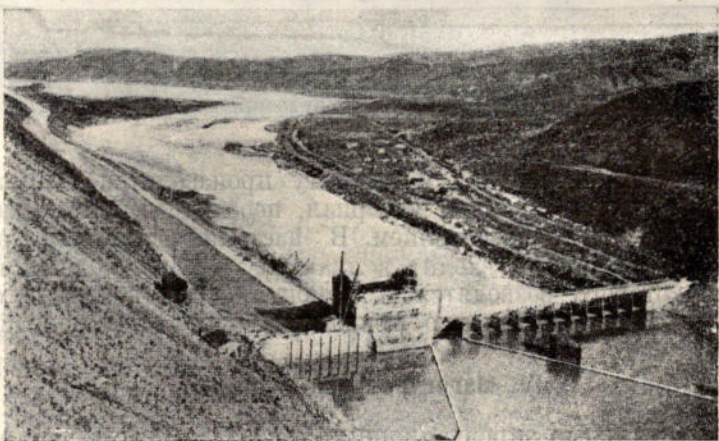
Работы по их устройству и ремонту производятся бесплатным трудом населения, при чем материал, необходимый при работах, доставляется тем же населением. В настоящее время в Средней Азии и в Закавказьи входит в практику особый водный налог, за счет которого возводятся и ремонтируются головные сооружения, которым постепенно придается более современный технический вид.

IV. Магистральные каналы.

Магистральные ирригационные каналы всегда стараются располагать по наиболее повышенным пунктам орошаемой площади (фиг. 2). Для того, чтобы было удобнее отводить из них



Фиг. 9. Детали головных сооружений канала Интерстет в С. Америке.



Фиг. 10. Головные сооружения канала Бойсе с гидроэлектрической станцией в С. Америке.

воду, уровень воды в них устанавливается выше окружающей местности, как показано на фиг. 12. Для большей экономии в земляных работах магистральные каналы проводят обыкновенно

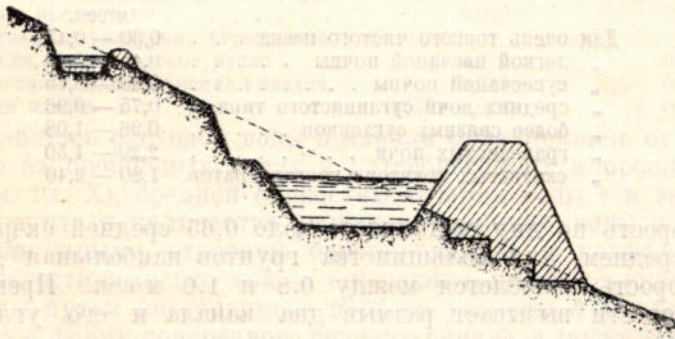


Фиг. 11. Сипайное головное сооружение в Средней Азии.

в полувыемке и в полунасыпи, при чем количество вынутой земли стараются сделать равное количеству насыпанной. Глубина воды в магистральных каналах делается небольшой, ред-



Фиг. 12. Поперечное сечение магистрального оросительного канала на ровной местности.



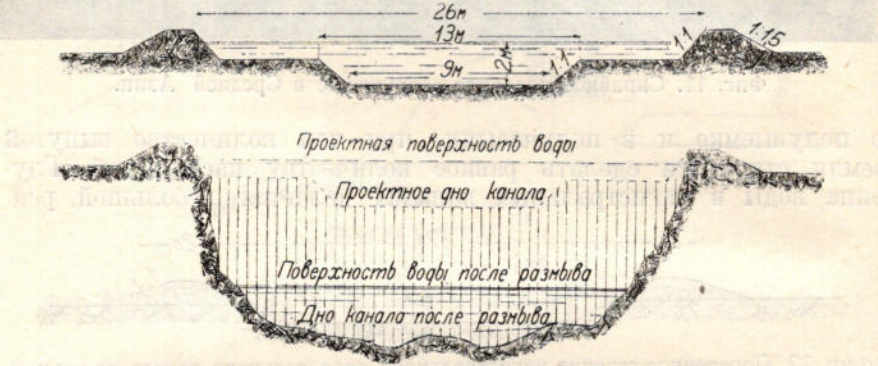
Фиг. 13. Поперечное сечение канала на косогоре.

ко превосходя 2 м, так как только при таких условиях можно легко использовать воду для орошения. Фиг. 12 представляет поперечное сечение магистрального канала, проходящего

по ровной местности, где он служит для орошения земель; в косогорных участках, где вода из магистрального канала для орошения не выводится, его поперечное сечение получает более компактный вид (фиг. 13) с меньшей шириной русла, но с большей глубиной.

Самым главным условием правильного проведения магистрального канала является установление соответствующих скоростей течения воды в нем, при которых русло канала не будет размываться и засоряться наносами, попадающими в канал из реки. Скорости эти в каждом отдельном случае зависят от свойств грунтов, по которым проходит данный канал, и от свойств воды, впускаемой в него.

Наибольшая средняя скорость течения воды в каналах, являющаяся предельной в смысле размывания грунта, определяется путем опытов и имеет следующие значения:



Фиг. 14. Поперечное сечение оросительного канала до и после размыва.

	м/сек.
Для очень тонкого чистого песка . . .	0,30 — 0,45
„ легкой песчаной почвы	0,45 — 0,60
„ супесчаной почвы	0,60 — 0,75
„ средних почв суглинистого типа. .	0,75 — 0,96
„ более связных суглинков	0,96 — 1,08
„ гравелистых почв	2,20 — 1,50
„ скалистых грунтов и конгломератов.	1,80 — 2,40

Скорость по дну составляет около 0,65 средней скорости.

В среднем, для большинства грунтов наибольшая допустимая скорость колеблется между 0,8 и 1,0 м/сек. Превышение этой скорости вызывает размыв дна канала и его углубление (фиг. 14).

Наименьшие скорости, необходимые для предупреждения осадения наносов и разрастания водных растений в каналах, колеблются обыкновенно от 0,5 до 0,75 м/сек.

Зная секундный расход воды в канале Q , необходимый для орошения всех культур, предположенных к разведению на

обслуживаемой каналом площади, и задаваясь средней скоростью течения воды в нем v , остальные элементы канала определяем по формуле Шези:

$$v = c\sqrt{Ri}, \quad Q = Fv,$$

в которых $R = \frac{F}{P}$, а c выражается следующими формулами:

$$c = \frac{23 + \frac{0,00155}{i} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (\text{формула Гангюлье-Куттера}),$$

$$c = \frac{87}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (\text{формула Базена}),$$

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (\text{формула Маннинга}).$$

В этих формулах: i —уклон русла канала; F —площадь его поперечного сечения; R —гидравлический радиус; P —смоченный периметр и n —коэффициент шероховатости.

Для разных русел каналов значения коэффициента шероховатости могут быть принимаемы следующие:

Значение коэффициента шероховатости:

Характер русел	В формулах Гангюлье-Куттера и В формуле Базена	
	Маннинга	
Земляные русла гладкие	0,018—0,020	0,85—1,00
То же средней шероховатости	0,025	1,30
То же сильно шероховатые	0,030	1,50
То же засоренные и заросшие растениями	0,035	1,75
То же загроможденные камнями и другими предметами	0,040	2,00
Цементная штукатурка, строганные доски, металлическое русло	0,011	0,06
Нестроганные доски, каменная кладка	0,015	0,16
Бутовая кладка	0,020—0,022	0,46

Задавшись расходом воды в канале Q , зависящем от состава культуры на орошаемых полях и потребности их в оросительной воде (см. гл. X), средней скоростью течения воды v в зависимости от грунта и количества наносов, глубиной воды в канале, теми или иными откосами берегов канала и коэффициентом шероховатости n , легко можно определить по вышеприведенным формулам путем постепенного подбора размеры и наиболее желательную форму поперечного сечения канала, а также его уклон. Для облегчения расчетов обыкновенно пользуются разного рода таблицами и диаграммами.

При проектировании ирригационных каналов вообще лучше придавать им несколько большую, чем слишком малую скорость потому, что в первом случае можно принять меры для огра-

ждения откосов и можно сделать перепады или уступы в продольной профили дна канала и тем уменьшить скорость; во втором же случае, т. е. при слишком малой скорости, отложение наносов в канале потребует ежегодной и дорогой очистки и вызовет потерю земли вдоль берегов канала для склада вынутаго грунта (фиг. 15).

Осаждение наносов происходит в том случае, если скорость течения воды в канале ниже определенной критической величины, при которой частицы наносов находятся во взвешен-



Фиг. 15. Поперечное сечение оросительного канала, занесенного наносами.

ном состоянии и не выпадают на дно канала. Определение значения этой критической скорости может быть сделано по следующей формуле Кеннеди для метрических мер:

$$v = 0,545 \cdot h^{0,64},$$

в которой h есть глубина канала.

Эта формула выработана эмпирическим путем на Индийских каналах при коэффициенте шероховатости $n=0,0225$ ¹⁾ и опасных для заиления наносах крупнее 0,25 мм.

В тех случаях, когда вода очень мутная и наносы более крупные, значение критической скорости, определяемое по этой формуле, надо увеличить в 1,1—1,3 раза. Если же вода, поступающая в канал, очень светлая, то значение критической скорости может быть уменьшено в 0,8—0,9 раз. При большой шероховатости русла значение критической скорости должно быть соответственно повышено.

Проф. Н. Е. Жуковский дал для критической скорости следующую формулу:

$$v = \frac{h}{B} + A^2).$$

Здесь h —глубина воды в канале; A и B —коэффициенты, зависящие от шероховатости дна канала, размера неосаждаемых частиц и свойств воды. Для средних условий и метрических мер можно принять $A=0,24$ и $B=3,5$. В общем, формула Жуковского дает результаты, сходные с формулой Кеннеди.

Значения минимальной скорости, по Кеннеди, при разных глубинах воды, получаются следующие:

h в метрах	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,6	6,0
v крит.	0,25	0,39	0,51	0,60	0,70	0,80	0,87	0,95	1,03	1,10	1,24	1,71

¹⁾ По формуле Гангюлье-Куттера или Маннинга.

²⁾ По данным книги проф. А. Н. Костякова „Основы мелиорации“, изд. 1927 г.

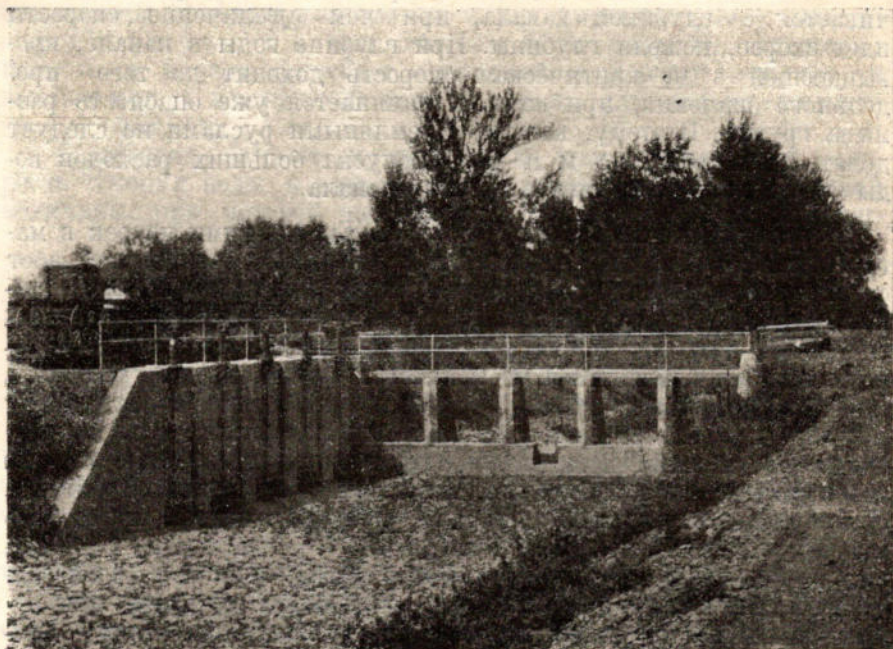
Из этой таблицы видно, что критическая скорость увеличивается с глубиной канала, при чем увеличение скорости идет скорее, нежели глубины. При глубине воды в канале, превышающей 3 м, критическая скорость доходит до того предельного значения, при котором начинается уже опасность размыва грунта. Поэтому, каналы с земляными руслами не следует делать глубже 3—3,5 м и для пропуска больших расходов воды приходится увеличивать ширину канала.

Мероприятия по борьбе с наносами, входящими из рек в магистральные каналы, представляют одну из главнейших забот строителей ирригационных систем. Мелкие илстые частицы наносов, имеющие удобрительное значение, не представляют особой опасности, так как могут с большой пользой пропускаться на поля или же извлекаться из каналов и служить для удобрения. Наоборот, крупные наносы, галечниковые и песчаные, могут засорять удобные земли и требовать больших расходов по их удалению из каналов. Для того, чтобы не допускать такие наносы в магистральные каналы, при головных сооружениях ирригационных систем устраиваются особые, описанные выше, промывные приспособления. Кроме того, очень часто в русле канала недалеко от его головной части устраиваются особые песколовки, задерживающие песчаные наносы и сливающие их затем при открытии соответствующих затворов в ту реку, из которой выведена была вода (фиг. 16).

Что касается расположения магистральных каналов в плане, то обыкновенно принято, в особенности небольшие каналы, для экономии в земляных работах, проводить, придерживаясь рельефа местности, постепенно сводя их с горизонтали на горизонтальсообразно уклону (фиг. 2). Это обстоятельство очень часто вызывает необходимость придавать трассе каналов большую извилистость и, как следствие этого, малые радиусы закруглений на поворотах, что может отражаться очень вредно на вогнутых откосах, размыв которых прямо пропорционален скорости течения и обратно пропорционален радиусам кривизны. Для определения безопасных радиусов кривизны на поворотах предложен ряд эмпирических формул, из которых одна из лучших—формула Дэвиса:

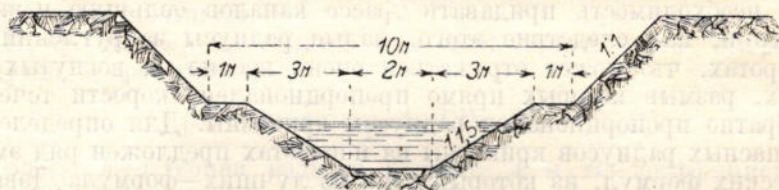
$$R = 11 \cdot v^2 \sqrt{F} + 12 \text{ м,}$$

где V —средняя скорость воды в метрах в секунду, F —площадь живого сечения в м^2 , а 12—постоянная величина, обеспечивающая минимальный радиус в 12 м, как бы ни были малы скорость течения и площадь живого сечения. В более плотных грунтах величину, получаемую из вышеприведенной формулы, можно несколько уменьшить и, наоборот, для легких и легко размываемых грунтов, следует увеличить.

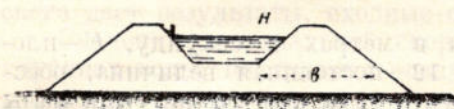


Фиг. 16. Песколовное сооружение на оросительном канале в С. Америке.

Когда при трассировании канала радиусы закруглений на поворотах сказываются чрезмерно малыми, канал для обеспечения



Фиг. 17. Поперечное сечение оросительного канала в выемке.



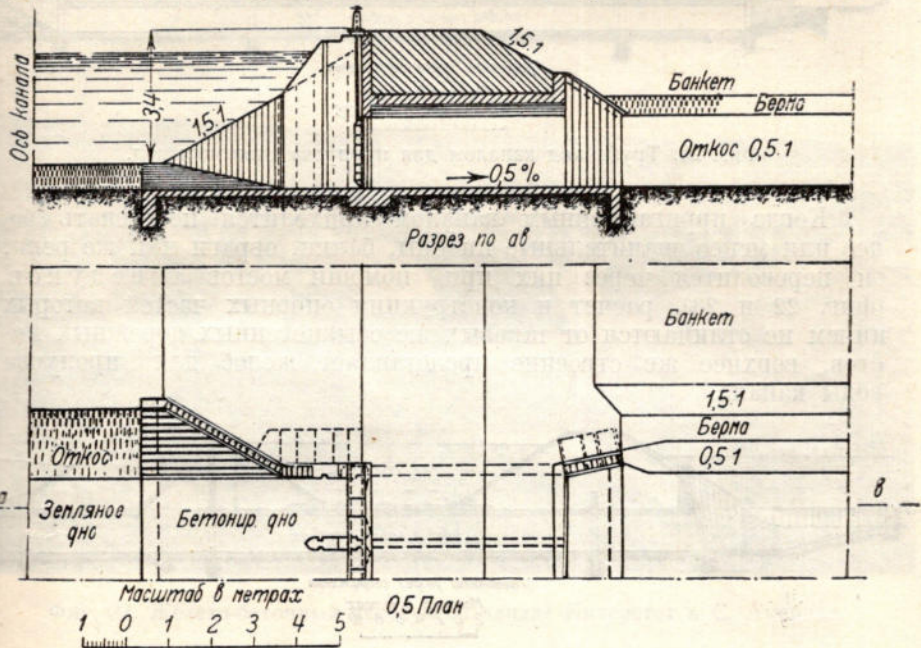
Фиг. 18. Поперечное сечение оросительного канала в насыпи.

насыпи—форма, указанная на фиг. 18.

большой прямизны и сокращения длины проводится местами в выемках и местами в насыпях, при чем поперечному сечению в выемке придается форма, указанная на фиг. 17, а поперечному сечению в насыпи—форма, указанная на фиг. 18.

V. Сооружения на магистральных каналах.

Каждый более или менее значительный магистральный ирригационный канал снабжается по пути его следования целым рядом искусственных сооружений, необходимых для правильной его эксплуатации. Так, для избежания переполнения и, как следствие этого, размыва берегов, канал снабжается водосливами, устройство которых заключается в понижении небольшой части банкета канала, обращенного к реке, до проектного уровня воды и в укреплении этого участка бетонной или каменной кладкой (фиг. 19). Излишняя вода, попавшая в канал, переливается через такой водослив и по укрепленному руслу уходит обратно в реку. Такие водосливы располагаются обычно



Фиг. 19. Водосброс на оросительном канале.

венно непосредственно ниже головного сооружения канала, а также перед всеми опасными местами канала, например, перед косогорными его профилями, где можно ожидать обвалов и перепруживания канала.

Так как при эксплуатации ирригационных систем бывают случаи, когда магистральные каналы для ремонта или других надобностей приходится освобождать от воды совершенно, то в нескольких местах их протяжения опять-таки наиболее опасных располагаются водосбросы, устройство которых заключает-

ся в том, что в банкете канала, обращенном к реке (фиг. 19), устраиваются отверстия, укрепленные каменной или бетонной кладкой и закрываемые щитами. При открывании этих щитов вся вода из канала устремляется по направлению к реке.

Так как очень часто магистральные ирригационные каналы приходится проводить в насыпях через встречающиеся на их пути низины, то для пропуска через эти насыпи вод, протекающих по низинам, устраиваются ливневые трубы в роде труб железнодорожных (фиг. 20). Иногда для экономии трубы эти соединяют с водосбросами (фиг. 21).



Фиг. 20. Труба под каналом для пропуска ливневых вод.

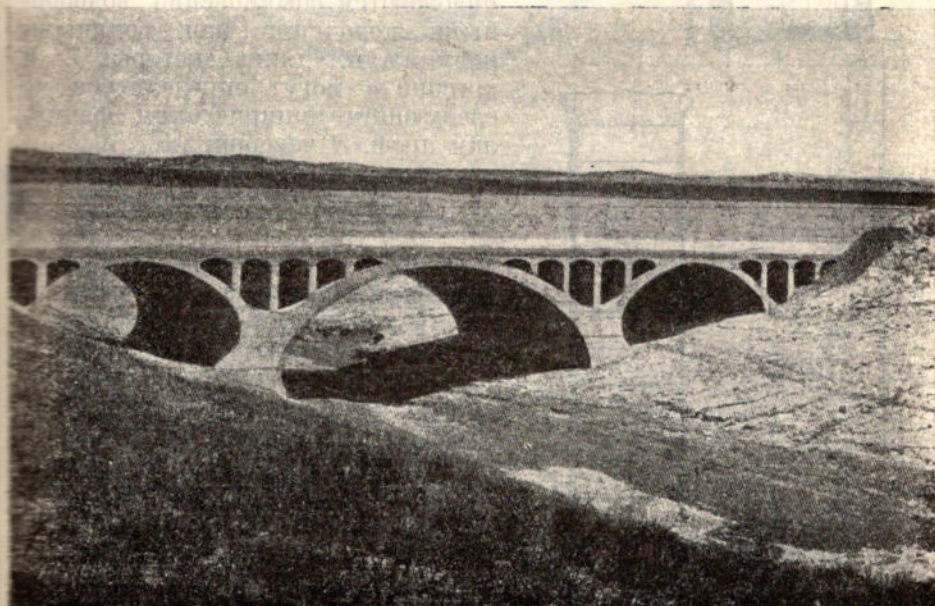
Когда ирригационным каналом приходится пересекать более или менее значительные низины, балки, овраги или же реки, он переводится через них при помощи мостов и акведуков (фиг. 22 и 23), расчет и конструкция опорных частей которых ничем не отличаются от таковых же обыкновенных дорожных мостов, верхнее же строение представляет желоб для пропуска воды канала.



Фиг. 21. Труба, соединенная с водосбросом.

В тех случаях, когда почему-либо нельзя применить акведука, приходится пользоваться дюкером или обратным сифоном. Составными частями сифона являются: верхний и нижний колодцы, труба и верхний и нижний бьефы канала. Сифоны в верхнем (а зачастую и в нижнем) колодце снабжаются решетками для уловления всякого рода плавающих тел. Конструкция простейшего сифона видна на фиг. 24. Вода движется по сифону в силу разности отметок горизонтов ее в верхнем и нижнем колодцах.

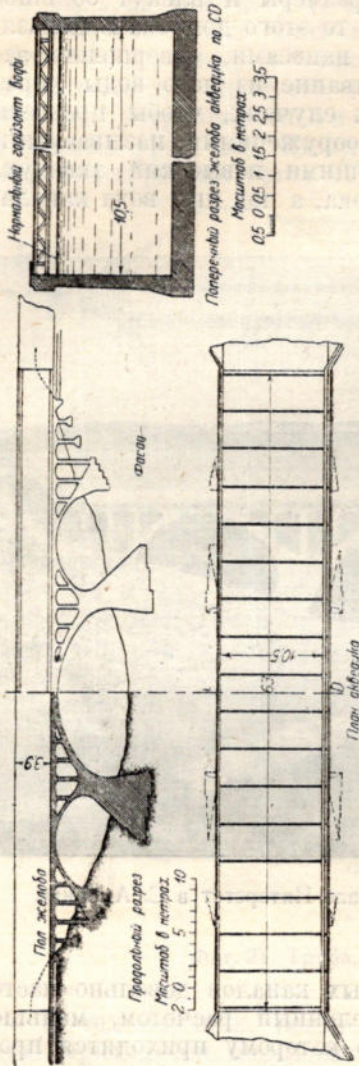
Небольшие водные потоки, пересекающие магистральный канал примерно на одном с ним уровне и несущие малое количество наносов, могут быть впущены в канал без большого вреда. Если же поток или река имеют большие размеры и влечут большое количество воды с высокой скоростью, то этого допускать нельзя, так как вода потока, насыщенная наносами, совершенно занесет русло канала и вызовет переливание из него воды через banquety канала и размыв их. В этих случаях, чтобы провести воду потока через канал, пользуются сооружениями, называемыми сюрпассажами и представляющими невысокий акведук по желобу которого проходит вода потока, а под ним вода канала.



Фиг. 22. Железо-бетонный акведук на канале Интерстет в С. Америке.

При проектировании магистральных каналов довольно часто случается, что уклон русла, определенный расчетом, меньше уклона направления на местности, по которому приходится проводить канал. Тогда в некоторых местах канала устраиваются уступы или перепады (фиг. 25 и 26). Место перепада обыкновенно определяют там, где дно канала, будучи проложенным вперед, должно было бы подняться в насыпи выше поверхности земли (фиг. 27). При этом место перепада ради экономии стараются приурочить к мосту на большой дороге, регулятору на канале или другому сооружению.

Высота ступени перепада редко делается выше 4,0—5,0 м. Если при сосредоточении падения получится перепад с большой высотой, то таковой делают или многоступенчатым или же на некотором расстоянии друг от друга делают несколько одноступенчатых перепадов. На фиг. 25 и 26 изображены 2 типа одноступенчатых перепадов: $H=3,4$ м и $H=1,10$ м.



Фиг. 23. Чертежи акведука на канале Интерстет.

Перепады и быстротоки на больших приривационных каналах очень часто сопровождаются теперь устройством гидроэлектрических станций, дающих энергию для сельского хозяйства и промышленности на орошаемых площадях.

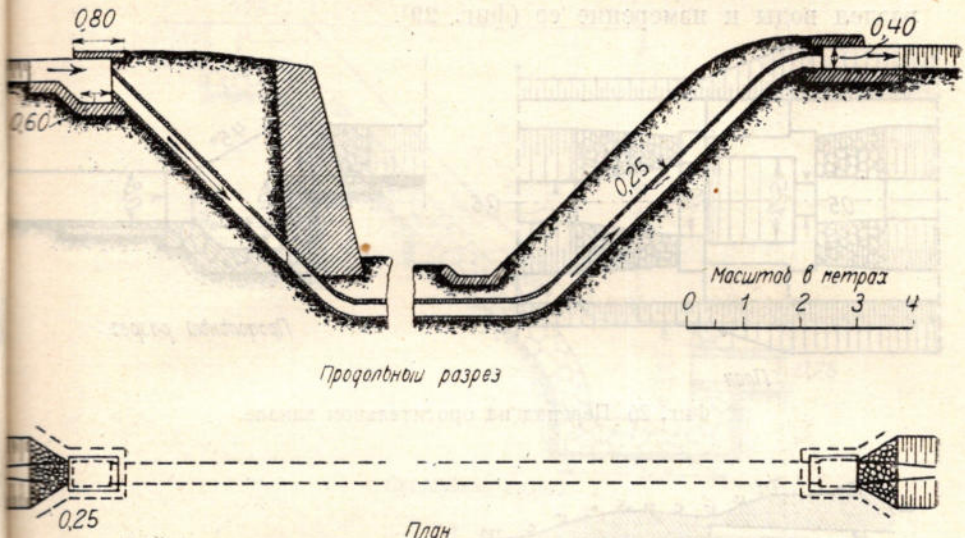
Для предохранения низовых частей перепадов от размывания водой и быстрого изнашивания они снабжаются обыкновенно водобойными колодцами или водяными подушками, длина которых L и ширина d могут определяться по следующим эмпирическим формулам проф. Этчеверри:

$$L = 3\sqrt{HZ}; \quad d = 0,33Z,$$

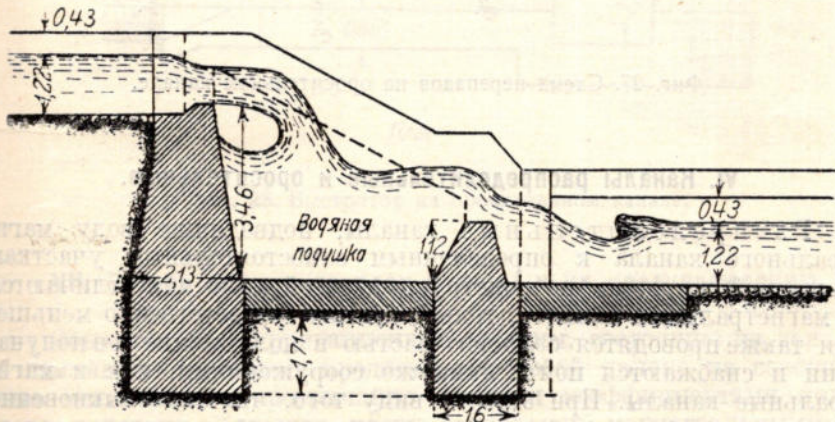
в которых H — глубина воды в канале выше перепада, а Z — разница между глубинами выше перепада и ниже перепада.

В том случае, когда крутизна уклона распространяется на небольшое расстояние, когда невыгодно выполнять высокий перепад, применяют сооружения, носящие название быстротоков (фиг. 28). В желобе быстротока обычно развиваются значительные скорости, поэтому в нижнем бьефе он сопровождается водобойным ящиком. Желоб опирается на грунт, при чем на определенных расстояниях он основывается на фундаментах. Длина быстротоков обычно делается не больше 40,0—50,0 м. При большей длине быстротоков стоимость их слишком велика, и в этом случае их лучше заменить одним или несколькими перепадами.

В тех местах, где от магистрального канала должны отходить его ветви или распределительные каналы, располагаются сооружения, называемые регуляторами или вододелителями.



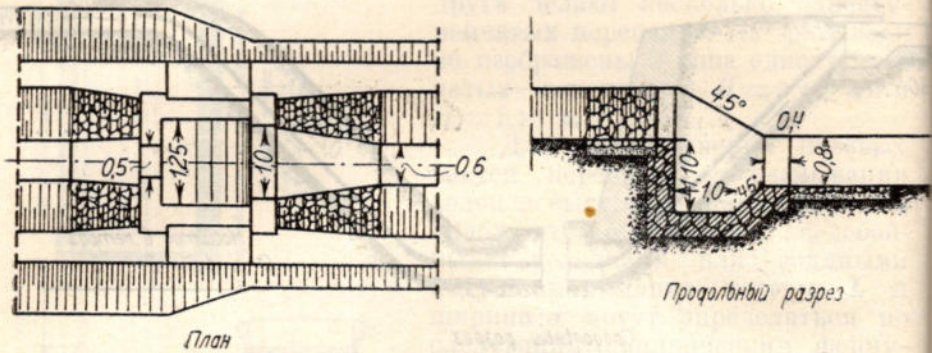
Фиг. 24. Дюкер (сифон) на оросительном канале.



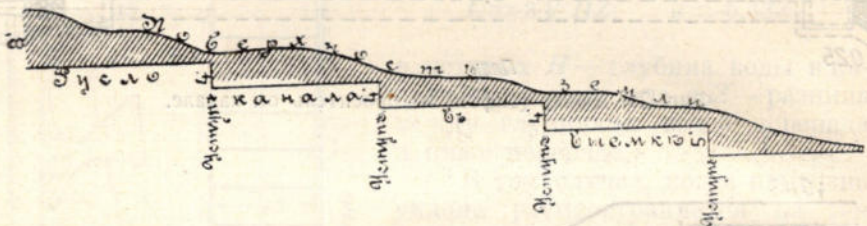
Фиг. 25. Перепад на оросительном канале.

лями. Назначение этих сооружений—отделить от магистрального канала количество воды, необходимое для орошения определенных участков орошаемой площади. На оросительных системах туземного типа сооружения эти носят временный характер и по конструкции мало чем отличаются от головных сооружений,

проводящих воду из рек в туземные магистральные каналы; на системах же инженерного типа они бывают постоянными и снабжаются затворами и щитами, допускающими строго точный раздел воды и измерение ее (фиг. 29).



Фиг. 26. Перепад на оросительном канале.



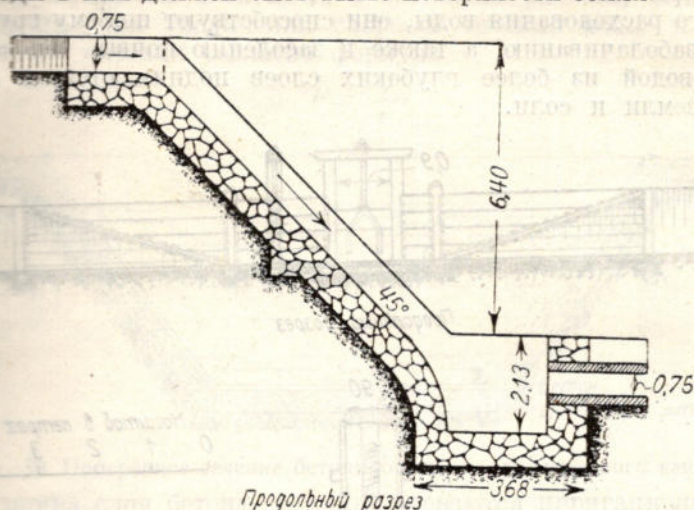
Фиг. 27. Схема перепадов на оросительном канале.

VI. Каналы распределительные и оросительные.

Распределительные каналы, подводящие воду магистрального канала к определенным самостоятельным участкам орошаемой площади, по конструкции своей мало чем отличаются от магистральных каналов, только бывают соответственно меньше. Они также проводятся большей частью в полувыемке и в полунасыпи и снабжаются почти теми же сооружениями, как и магистральные каналы. При этом, в виду того, что они обыкновенно проходят по большим уклонам, на них особенно часто устраиваются перепады.

Каналы оросительные, подводящие воду распределительных каналов непосредственно к отдельным орошаемым участкам или околоткам, бывают еще меньших размеров и проводятся с минимальными уклонами. Их пропускная способность обыкновенно бывает около 1 куб. фута (0,03 м³) в секунду. Так как из них вода выпускается непосредственно к орошаемым ра-

стремим, то их стараются проводить либо в насыпных берегах, либо также в полувыемке и полунасыпи. Во всяком случае уровень воды в них должен быть выше поверхности земли.



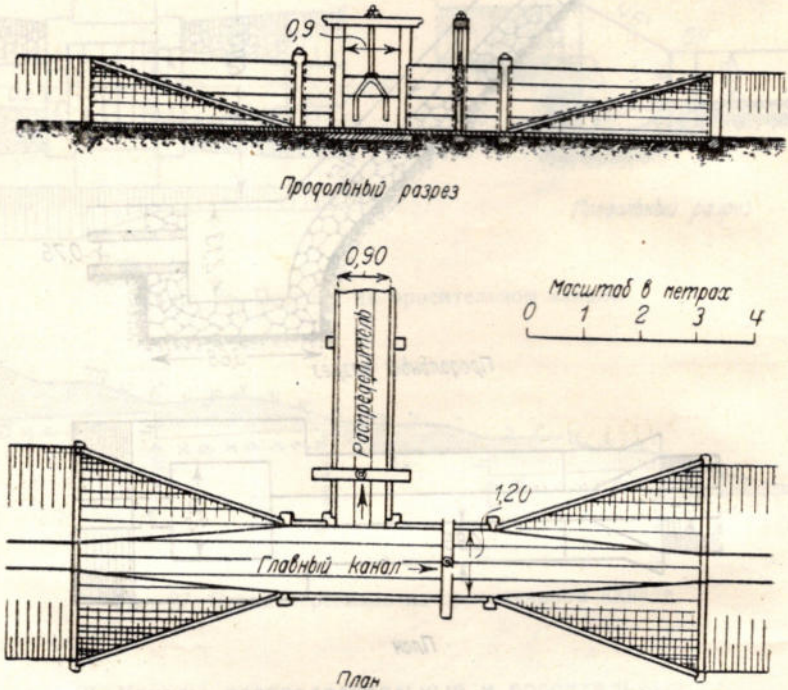
Фиг. 28. Быстроток на оросительном канале.

VII. Потери воды в каналах и меры к их предупреждению.

Обыкновенные ирригационные системы, состоящие из каналов с земляными руслами, представляют собой далеко не совершенные механизмы с чрезвычайно низкими коэффициентами полезного действия—большая часть забираемой магистральными каналами воды теряется различными способами, и только сравнительно небольшая часть ее, около 25—35%, расходуется полезно на питание растений. На всем пути от головного сооружения и до полей орошения происходят непрерывные потери воды в каналах.

Потери на испарение с водной поверхности каналов совершенно ничтожны, составляя всего лишь от 1 до 2% общих по-

терь, почему они редко учитываются. Наоборот, потери на фильтрацию через дно и откосы в земляных каналах чрезвычайно велики, при чем они очень опасны, так как, помимо непроизводительного расходования воды, они способствуют под'ему грунтовых вод и заболачиванию, а также и засолению почвы, так как вместе с водой из более глубоких слоев поднимаются к поверхности земли и соли.



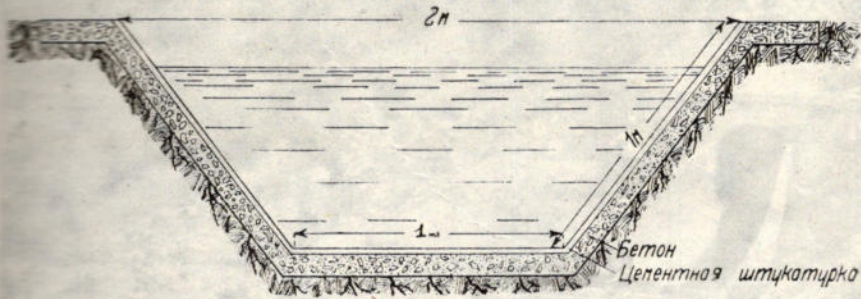
Фиг. 29. Головное сооружение распределительного канала.

Потери на фильтрацию в каналах изменяются в зависимости от многих обстоятельств. Так, они бывают больше при малых каналах, нежели при больших, увеличиваются с увеличением глубины и смоченного периметра канала и с уменьшением скорости движения воды, бывают более при выемках, нежели при насыпях и т. д.

Лучшим способом предохранения ирригационных каналов от фильтрации является бетонирование их русел (фиг. 30 и 31), благодаря чему потери уменьшаются до 90%. Кроме того, уменьшаются расходы на очистку каналов от наносов, по удалению из них водяных растений, по исправлению оползней и обвалов. Помимо этого вода доставляется к полям много скорее, так как в бетонированных руслах можно совершенно безопасно допускать

скорость течения воды до трех и более метров в секунду. Что касается расходов на бетонирование, то они, в большинстве случаев, окупаются экономией в земляных работах, вследствие уменьшения при увеличении скорости течения воды площади поперечного сечения согласно формуле

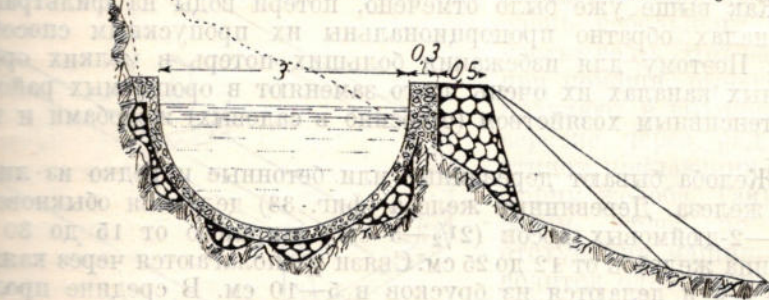
$$V = \frac{Q}{c}$$



Фиг. 30. Поперечное сечение бетонированного оросительного канала.

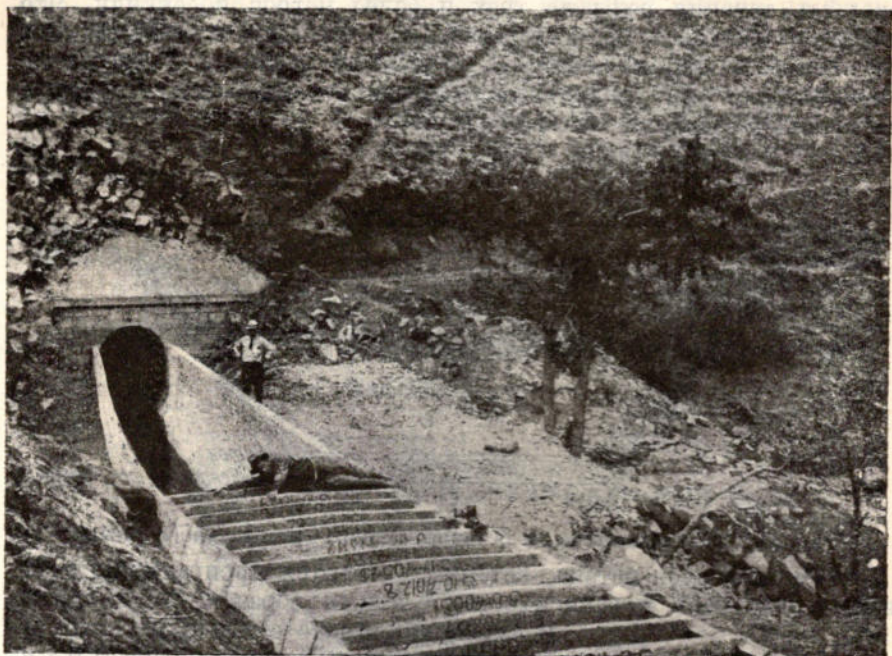
Толщина слоя бетона, которым одеваются ирригационные каналы, находится в зависимости, главным образом, от климата.

В суровом климате с морозами, достигающими до 20° , слой бетона достигает 0,3 м, в климате же мягком, когда понижение температуры ниже 0° представляет редкое явление, можно бывает ограничиться слоем в 0,1 м. Во всяком случае при



Фиг. 31. Поперечное сечение бетонированного канала.

бетонировании ирригационных каналов приходится заботиться о хорошем дренаже под бетонной одеждой и об устройстве температурных швов. Бетонирование каналов обыкновенно ведется непосредственно в их русле путем набивки в формы или же путем покрытия дна и откосов бетоном из цемент-пешки; в некоторых же случаях бетонная одежда заготавливается отдельно в виде плит или железо-бетонных полуколец, соединяемых в русле канала цементной спайкой (фиг. 32).



Фиг. 32. Бетонированный канал Тайетон в САСШ.

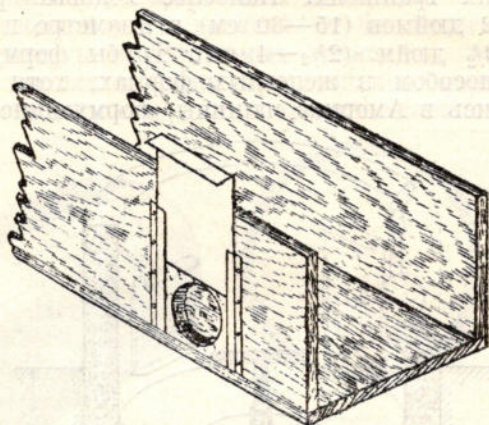
VIII. Желоба и трубы ¹⁾.

Как выше уже было отмечено, потери воды на фильтрацию в каналах обратно пропорциональны их пропускным способностям. Поэтому для избежания больших потерь в мелких оросительных каналах их очень часто заменяют в орошаемых районах с интенсивным хозяйством (особенно в садовых) желобами и трубами.

Желоба бывают деревянные или бетонные и редко из листового железа. Деревянные желоба (фиг. 33) делаются обыкновенно из 1—2-дюймовых досок (2½—5 см.) шириною от 15 до 30 см. Глубина желобов от 12 до 25 см. Связи располагаются через каждые 1—1½ м и делаются из брусков в 5—10 см. В середине пролета между связями делается отверстие, закрываемое заслонкой, в роде показанной на фиг. 33, и служащее для выпуска воды до оросительные бороздки. Уклон желобу должен придаваться до 0,002 на единицу длины, в тех же случаях, когда местность имеет уклон больший, у каждого отверстия желоба поперек ставятся маленькие подпруды, обеспечивающие достаточно покойное движение воды в желобе.

¹⁾ Более подробно см. книгу Е. Е. Скорнякова „Орошение плодовых садов“. 1915 г.

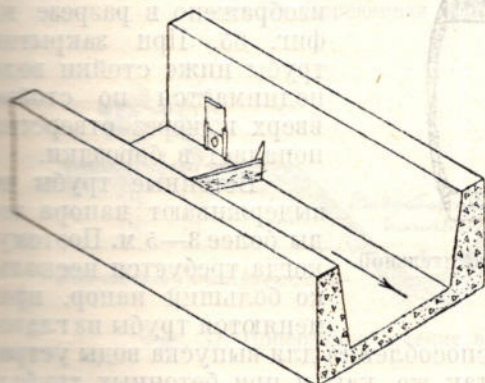
Деревянные желоба устраиваются только в местах, изобилующих очень дешевым лесом, большей же частью они делаются теперь из бетона (фиг. 34). В среднем бетонные желоба при одной и той же пропускной способности обходятся вдвое дороже деревянных, но быстрое гниение дерева, в особенности, если желоб непосредственно прикасается к земле, делает бетонные желоба в конце концов более выгодными.



Фиг. 33. Деревянный оросительный желоб.

Бетонные желоба получили в последнее время такое широкое распространение в орошаемых районах Северной Америки, что изобретены даже машины для изготовления и укладки желобов прямо на месте в садах.

Укладка желобов при помощи таких машин в общих чертах производится следующим образом: ящик машины наполняется цементным раствором, состоящим из одной части цемента на шесть



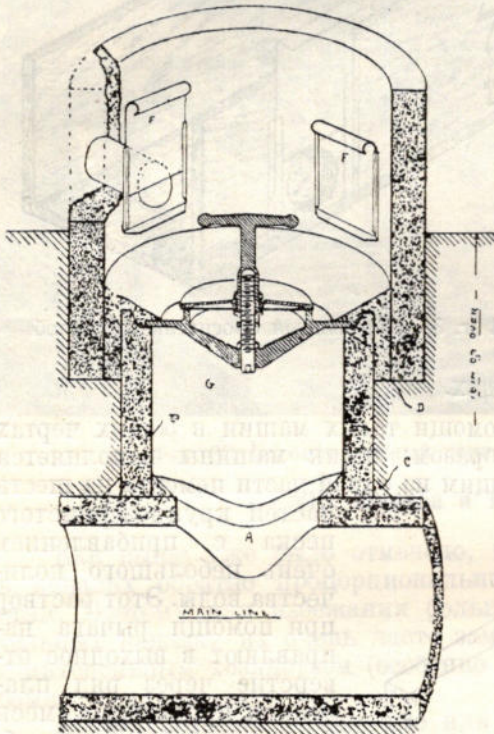
Фиг. 34. Бетонный оросительный желоб.

частей крупнозернистого песка с прибавлением очень небольшого количества воды. Этот раствор при помощи рычага направляют в выходное отверстие через ряд пластинок, придающих смеси форму желоба. Таким образом, желоб по мере отступления машины проводится одной непрерывной линией через весь садовый участок. Когда желоб готов, перед тем как раствор затвердеет,

в бок желоба со стороны участка вставляются маленькие трубочки от 2 до 4 см. в диаметре (величина их всецело зависит от величины желоба). Течение воды в этих трубках регулируется сдвинутыми заслонками.

Что касается труб, то они бывают трех родов: бетонные, глиняные и деревянные.

Бетонные трубы формируются обыкновенно длиной по 2 фута (0,6 м) из одной части цемента на три или четыре части песка или мелкого гравия и затем соединяются в вырытых для них траншеях. Наиболее ходовые размеры труб—6, 8, 10 и 12 дюймов (15—30 см) в диаметре при толщине стенок от 1 до 1½ дюйм. (2½—4 см). Трубы формируются обыкновенно ручным способом в железных формах, хотя в последнее время появились в Америке машины, формирующие трубы непрерывной линией



Фиг. 35. Стойки на бетонной оросительной трубе.

прямо в садах так же, как и желоба. Так как такие трубы менее долговечны и выдерживают меньший напор, то они, несмотря на их относительную дешевизну, имеют пока малое распространение.

Для выпуска воды на поверхность к подземным трубам прикрепляются трубчатые стойки с различными приспособлениями для равномерного распределения воды по оросительным бороздам. Устройство стоек изображено в разрезе на фиг. 35. При закрытии трубы ниже стойки вода поднимается по стойке вверх и через отверстия попадает в бороздки.

Бетонные трубы не выдерживают напора воды более 3—5 м. Поэтому, когда требуется несколько больший напор, применяются трубы из глазированной глины, при чем приспособления для выпуска воды устраиваются почти совершенно так же, как и при бетонных трубах.

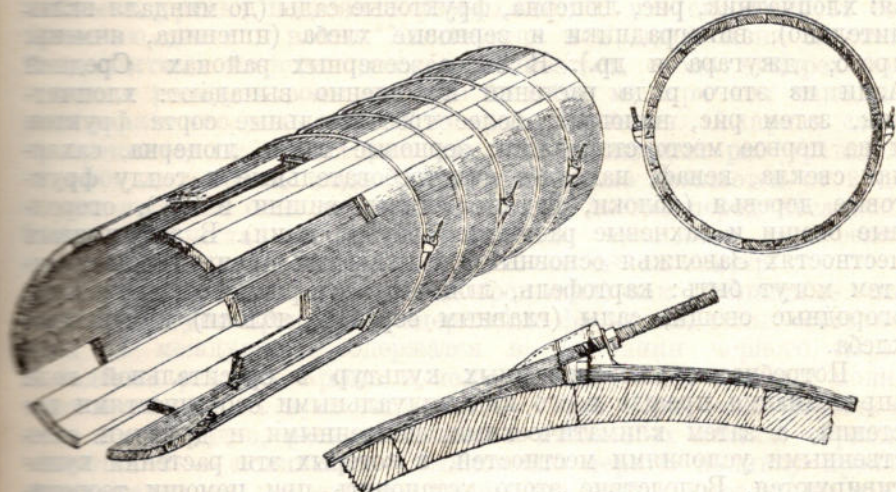
В некоторых американских садах водоснабжение устраивается при помощи деревянных труб, собранных из отдельных клепок и стянутых железными обручами (фиг. 36).

IX. Водоотводные каналы.

Каналы водоотводной или водосбросной сети в отличие от каналов сети распределительно-оросительной распола-

гавтся обыкновенно в наиболее пониженных местах орошаемой площади и устраиваются исключительно в выемке (фиг. 37). Только при таких условиях они могут успешно собирать излишние и фильтрующие воды и отводить их с орошаемых площадей.

Расчет каналов водоотводной сети зависит от количества воды, которое придется отводить с орошаемых площадей, это же количество зависит от многих причин: оросительных норм, принятых водооборотов, проницаемости дна и откосов каналов,



Фиг. 36. Деревянная оросительная труба.



Фиг. 37. Поперечное сечение водоотводного канала.

проницаемости почв и подпочв, уклонов и пр. Поэтому это количество обыкновенно определяется опытом и сообразно опыту делается расчет каналов сбросной сети. Грубо приблизительно в среднем можно считать, что расход воды сбросной сети для систем средней интенсивности может составить около 25% от расхода сети оросительной. При почвах очень проницаемых этот процент должен быть увеличен, а при тяжелых, наоборот, умень-

Х. Орошаемые культуры.

Состав культур на орошаемых площадях находится в полной зависимости от климата местности, в которой расположена данная ирригационная система. На орошаемых землях наиболее теплых районов Средней Азии и Закавказья (в Узбекистане, Туркменистане, в южных частях Киргизии, а также в Азербайджане, Армении и Грузии) основными культурами являются: хлопчатник, рис, люцерна, фруктовые сады (до миндаля включительно), виноградники и зерновые хлеба (пшеница, ячмень, просо, джугара и др.). В более северных районах Средней Азии из этого ряда растений постепенно выпадают: хлопчатник, затем рис, виноград, более требовательные сорта фруктов и на первое место становятся: зерновые хлеба, люцерна, сахарная свекла, кенаф, наиболее малотребовательные к теплу фруктовые деревья (яблоки, груши, сливы, вишни и пр.), огородные овощи и бахчевые растения (арбузы, дыни). В засушливых местностях Заволжья основными культурами ирригационных систем могут быть: картофель, люцерна, сахарная свекла, кенаф, огородные овощи, сады (главным образом, яблоки) и зерновые хлеба.

Потребности тех или иных культур в оросительной воде определяются прежде всего индивидуальными особенностями растений, а затем климатическими, почвенными и другими естественными условиями местностей, в которых эти растения культивируются. Вследствие этого установить при помощи теоретических выкладок и расчетов потребности отдельных культур в оросительной воде чрезвычайно трудно. Это заставляет при определении количества воды, необходимой для орошения, обращаться к опытным данным—культуре растений в особых сосудах, в которые вода вводится строго по весу, или же на особых поливных площадках, на которые вода впускается из оросительного канала через специальные водомеры. Такими опытами устанавливается не только количество воды, потребное тем или иным растениям, но также число поливов в продолжение оросительного периода, между которыми должно распределиться это количество воды, а также время, когда эти поливы должны применяться с наибольшей пользой для растений.

Из всех растений, культивируемых на оросительных системах, менее всего воды требуют зерновые хлеба, культивируемые часто и без всякого орошения (сухое земледелие, богарные посевы). Тем не менее, орошение отражается очень благоприятно на их росте, обеспечивая постоянные и обильные урожаи. Орошать зерновые хлеба следует от 2 до 3 раз в лето. Если почва очень суха, первый полив дается еще до посева. Если же почва достаточно влажна, первый полив откладывается до начала кущенья. Второй или третий поливы даются в период цветения или начала плодоношения. Что касается количества воды, применяемой при

орошении зерновых хлебов, то оно зависит от климата и свойств почвы. В жарких местностях при легких хорошо дренируемых почвах применяется за один полив до 6 000 м³ воды на гектар. Наоборот, в более холодных климатах и при тяжелых почвах это количество понижается до 2 000 м³ и ниже ¹⁾.

На втором месте по потребности в оросительной воде стоят всякого рода пропашные растения—хлопчатник, сахарная свекла, картофель, кукуруза, сорго и др. При культуре этих растений междурядья постоянно разрыхляются, что способствует сохранению влаги в почве. Хлопчатник в Средней Азии по данным опытных станций должен поливаться около четырех раз в лето с расходом воды от 000 до 6 000 м³, при чем наибольшее количество воды дается во время цветения. Сахарная свекла орошается от 2 до 4 раз, при чем за каждый раз тратится от 1 000 до 1 500 м³ воды. Картофель также орошается от 2 до 4 раз, при чем одно из этих орошений дается перед посадкой. Общее количество воды, потребное для орошения картофеля, составляет за все лето от 3 000 до 6 500 м³ на гектар.

Почти столько же воды для орошения, как пропашные растения, требуют правильно содержимые фруктовые сады, особенно если их междурядья содержатся в состоянии черного пара. В садовых районах Крыма в незасушливые годы деревья поливают 3—4 раза, а в засушливые 6—7 раз. При очень влажном лете и для садов, расположенных в низменных местах, ограничиваются 2—3 поливками. Обыкновенно первую поливку производят вслед за цветением деревьев—в конце апреля, в мае; вторая поливка дается в июне; третья—в июле; четвертая—в августе. Самый последний полив делается не позже середины сентября. На каждое дерево при этом дается до 6 м³ воды, а на очень плотных почвах—около 3,5 м³. При 130 деревьях на гектаре это составляет от 500 до 800 м³, а за все лето—от 1 500 до 6 000 м³ ²⁾.

На третьем месте по потребности в оросительной воде стоит кормовая трава люцерна, культура которой наиболее развита на ирригационных системах, вследствие ее способности прекрасно оплачивать оросительную воду. Общее правило для орошения люцерны—это поливать ее один раз весной и потом после каждого укоса, которых в Саратовской губернии бывает два, а в наиболее теплых местах Средней Азии—до пяти. Данные опытных станций показывают, что при средних условиях на один гектар люцернового посева следует давать за все лето от 6 000 до 8 000 м³ воды в зависимости от числа укосов ³⁾.

¹⁾ Более подробно см. книгу Е. Е. Скорнякова „Орошение зерновых хлебов“. Петроград, 1917 г.

²⁾ См. книгу Е. Е. Скорнякова „Орошение плодовых садов“. Петроград, 1915 г.

³⁾ Более подробно см. книгу Е. Е. Скорнякова „Культура люцерны при искусственном орошении в Северной Америке“.

На четвертом месте по количеству потребляемой воды стоят огородные овощи, которые должны быть постоянно в свежем зеленом состоянии. Огороды в засушливых местностях приходится орошать очень часто—каждые 10 дней и даже каждую неделю. Поэтому общее количество воды для них достигает 10 000 м³ и даже более на гектар, но при каждом поливе, вследствие тщательности разделки площади, ее тратится относительно немного—от 700 до 1 000 м³ 1).

Более всего воды для орошения требует рис, который от посева и почти до созревания должен находиться в воде. Он разводится на ирригационных системах Средней Азии приблизительно до широты в 44° и примерно до той же широты может разводиться и на Кавказе. Для орошения риса требуется на 1 га до 30 000 и даже до 40 000 м³ воды. При этом, однако, надо иметь в виду, что с рисовых полей стекает от 1/3 до 1/2 напускаемой на них воды. Эта сточная вода ниже может быть вновь применена для орошения.

XI. Подготовка почвы к орошению.

Если под искусственное орошение приступают совершенно дикие земли, никогда ранее не обрабатывавшиеся, то они должны быть предварительно подвергнуты соответствующей подготовке, заключающейся в удалении дикой растительности и выравнивании.

Если местность, подлежащая орошению, покрыта травой или небольшими кустами, то такая растительность легко удаляется при вспашке, наоборот, когда степь покрыта зарослями крупных кустарников, удаление дикой растительности требует специальных приспособлений и обходится дорого.

На ирригационных системах СССР кустарники выкорчевываются обыкновенно при помощи ручного труда, в Америке же применяют особые волокуши, устраиваемые из обыкновенного железнодорожного рельса, в который впрягается по паре лошадей с каждой стороны. Рельс этот протаскивается, преимущественно зимою, когда земля замерзнет, через заросли несколько раз в противоположных направлениях и выламывает кустарник, после чего последний собирается в кучи и сжигается, корни же выпашиваются тяжелыми плугами. Если достать железнодорожные рельсы затруднительно, их заменяют тяжелыми бревнами или брусьями, протаскиваемыми так же, как и рельсы (фиг. 38). Такой способ удаления дикой растительности обходится в САСШ в среднем около 25 руб. на гектар.

Для выравнивания почвы лучше всего пользоваться конными лопатами или скреперами, при помощи которых земля сре-

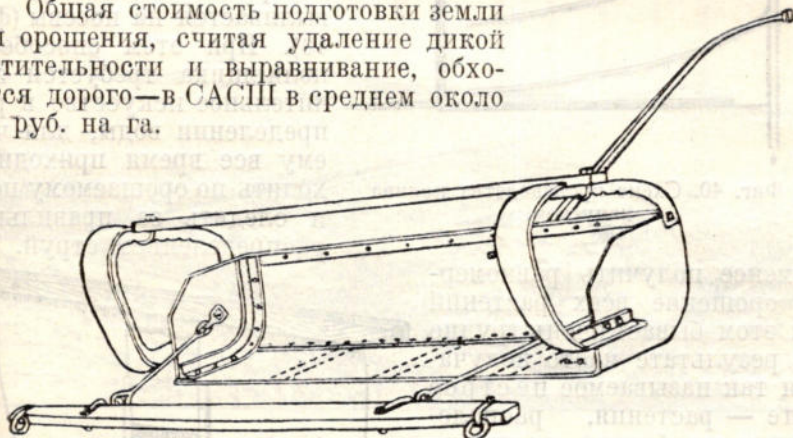
1) См. книгу Е. Е. Скорнякова „Искусственное орошение небольших участков в крестьянских хозяйствах“. Москва, 1925 г.

зывается на возвышенностях и досыпается в низины (фиг. 39). Более или менее тяжелые почвы перед скрепером необходимо рыхлить вспашкой тяжелыми плугами с тракторной тягой.



Фиг. 38. Удаление дикой растительности с орошаемых полей в С. Америке.

Общая стоимость подготовки земли для орошения, считая удаление дикой растительности и выравнивание, обходится дорого—в САСШ в среднем около 250 руб. на га.

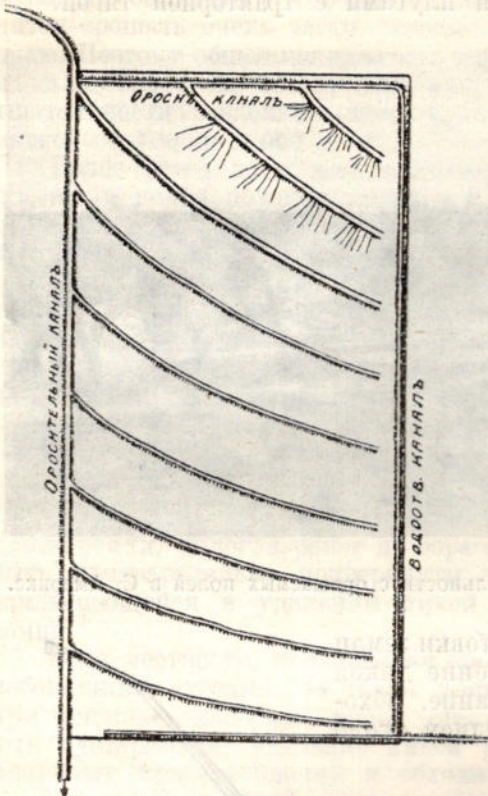


Фиг. 39. Скрепер для выравнивания почвы.

XII. Производство поливов.

Все способы производства непосредственных орошений (поливов) могут быть классифицированы в 2 группы: 1) орошение путем разлива воды по поверхности почвы (оро-

шение затоплением) и 2) орошение путем подвода воды к корням растений снизу и с боков (орошение инфильтрацией).

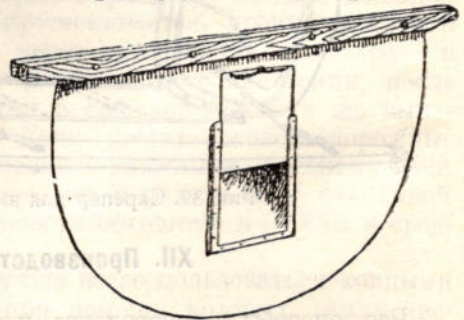


Фиг. 40. Схема производства полива напуском.

К первой группе относятся способы полива: 1) напуском, 2) полами, 3) площадками.

Полив напуском является самым примитивным из всех способов орошения посевов. При нем мало заботятся о тщательном выравнивании почвы. Вода при помощи оросительного канала подводится к наиболее возвышенной части поля и распределяется по нем (фиг. 40) посредством редких канавок, перепруживаемых при помощи специальных заслонок (фиг. 41), брезентовых запрудок (фиг. 42) или просто пучков травы. Нижний берег канавок раскапывается и вода выливается на посевы (фиг. 43). При этом способе от поливщика требуется значительное искусство в распределении воды, для чего ему все время приходится ходить по орошаемому полю и следить за правильным распределением струй. Тем

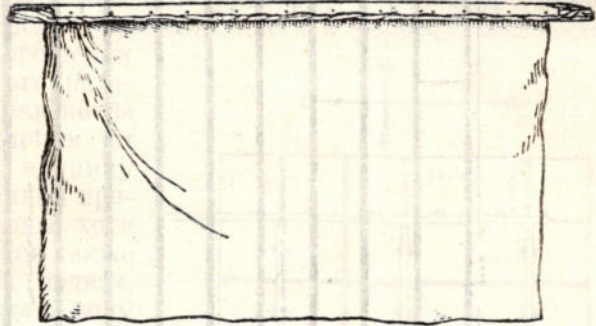
не менее получить равномерное орошение всех растений при этом бывает очень трудно и в результате часто получается так называемое пестрое поле — растения, расположенные на буграх, получают менее воды, развиваются хуже, но созревают скорее, нежели растения, расположенные на низинах, которые переорошаются и задерживаются в росте. Этим способом поливаются, главным образом, в гористых местностях зерновые хлеба и люцерновые посевы.



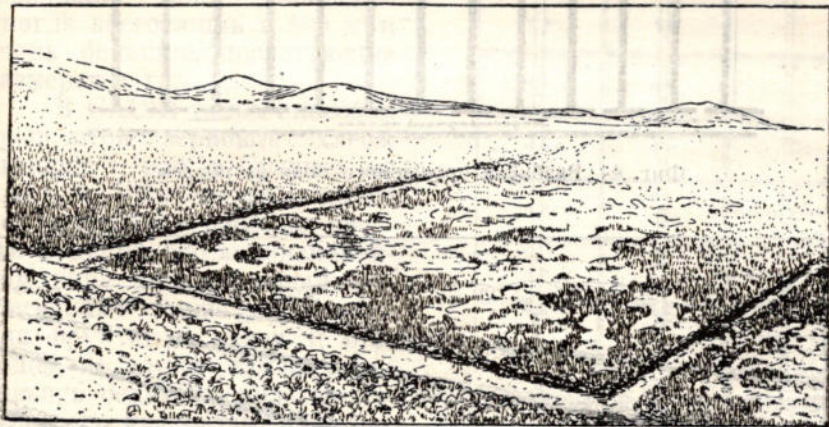
Фиг. 41. Заслонка для производства полива.

Более совершенным способом полива является способ полос, на которые разделяется орошаемое поле (фиг. 44). Полосы отделяются друг от друга невысокими валиками и выравниваются таким образом, чтобы иметь небольшой продольный уклон и быть горизонтальными в поперечном направлении. В каждую из

полос напускается вода из оросительного канала, проходящего вдоль верхнего края поля и стекает при помощи шлюзового затвора в нижерасположенную полосу (фиг. 45). При этом способе вода распределяется значительно равномернее, труда от поливщика требуется менее, урожай же получают более равномерными. Этот способ применяется главным образом в САСШ для орошения зерновых хлебов и люцерновых посевов на легких открытых почвах. Для пользования им требуются относительно большие потоки воды от 0,05 до 0,2 м³/сек.

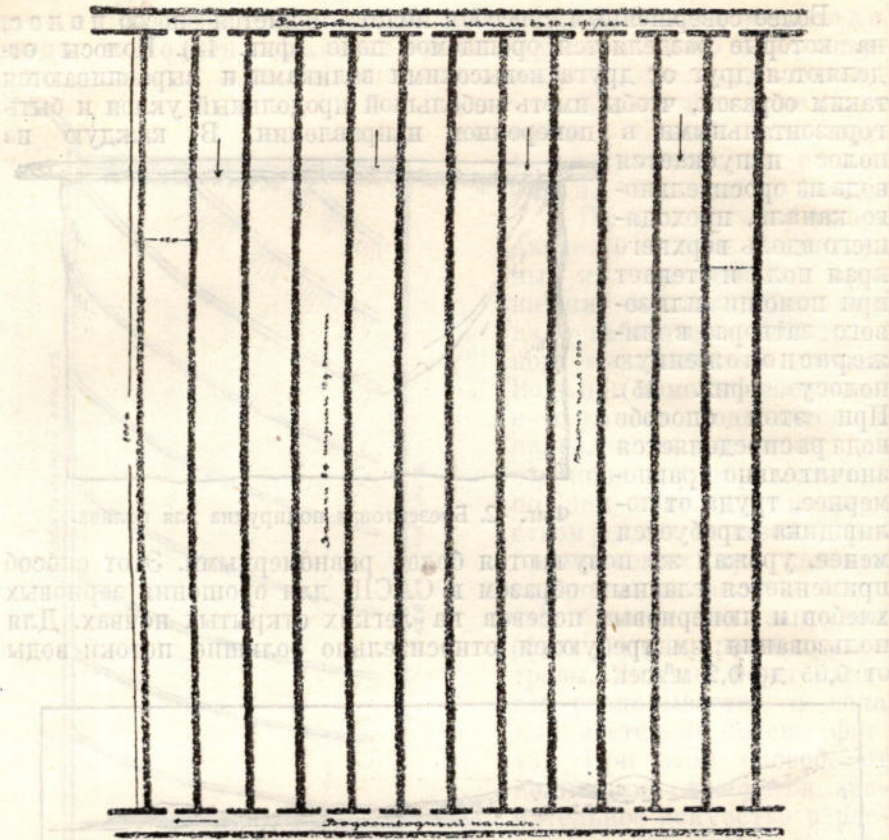


Фиг. 42. Брезентовая подпрудна для полива.

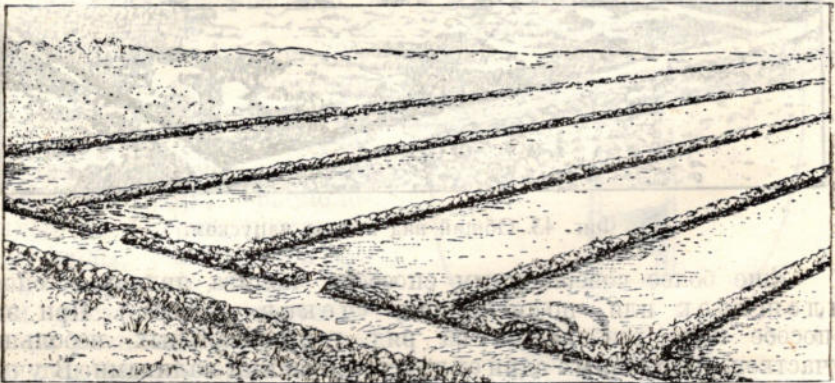


Фиг. 43. Общий вид полива напуском.

Еще более совершенным способом полива является способ площадок или, по-английски, «чек» (checks). При этом способе поле разбивается на ряд горизонтальных небольших участков, отделенных один от другого низкими валиками. В участки напускается вода и стоит в них, пока не напитает достаточно почву. Валики располагаются двойко: или под прямым углом



Фиг. 44. Разбивка орошаемого поля на полосы.



Фиг. 45. Производство полива полосами.

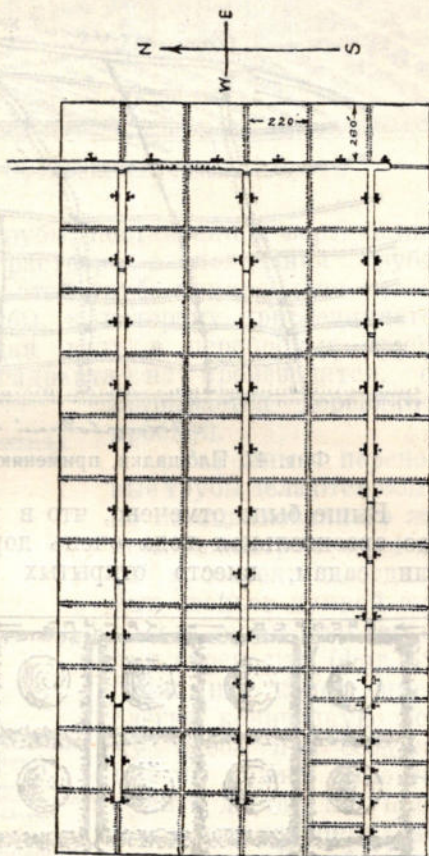
один к другому, образуя прямоугольники, или же по горизонталям местности, образуя площадки более или менее неправильной формы.

Площадки в виде четырехугольника (фиг. 46) устраиваются обыкновенно в местностях очень ровных с небольшим уклоном, на местности же с разнообразным рельефом и большим скатом предпочитают площадки, применяющиеся к рельефу местности (фиг. 47). Способу орошения чеками наиболее благоприятствует легкая песчаная почва с равномерным уклоном от 0,0002 до 0,0006 на единицу длины, при обеспеченном притоке оросительной воды, хотя этот способ применяется также и на более тяжелых почвах, когда нужно продержать воду дольше, чтобы обеспечить достаточное всасывание.

В Калифорнии, где способ орошения чеками наиболее распространен, чеки отличаются не только формой, но и размерами. Там можно видеть маленькие чеки площадью иногда всего лишь в 800 м² и очень большие, достигающие размеров 4 га.

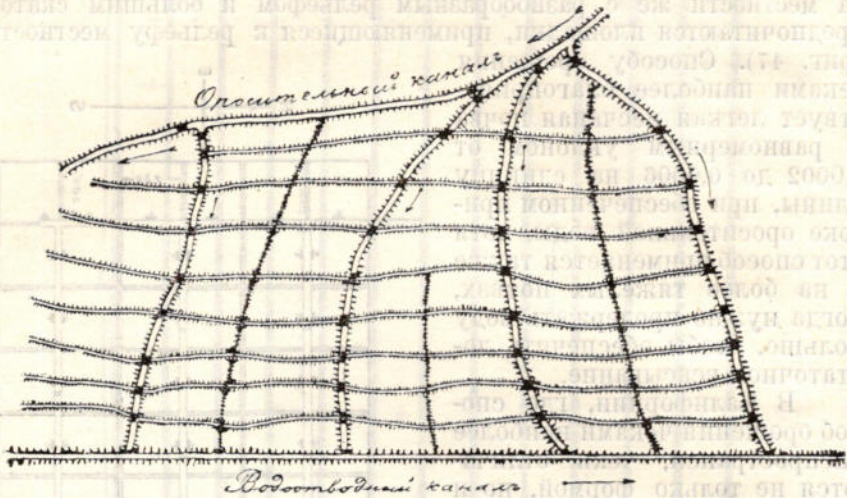
В САСШ таким способом орошаются зерновые хлеба, люцерна и рис, в Средней же Азии и Закавказье — почти исключительно рисовые посевы. В несколько видоизмененном виде полив площадками применяют также для орошения фруктовых садов и огородов. В таких случаях деревья в садах располагаются строго по квадратам и около каждого дерева устраивается

площадка или бассейн (фиг. 48). Вода из оросительного канала протекает по валику между двумя рядами бассейнов, поочередно по парам напускается в них и держится до тех пор, пока не напитает в достаточной степени корни деревьев. По окончании полива, когда почва несколько подсохнет, поверхность бассейнов разрыхляется во избежание обратного поднятия влаги кверху по капиллярам и испарения ее. Полив огородов способом



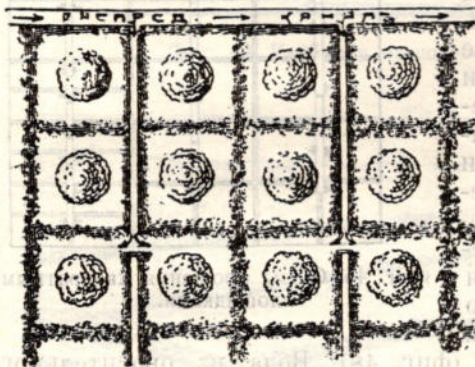
Фиг. 46. Схема орошения квадратными площадками.

площадок показан на фиг. 49. Он наиболее широко применяется в Калифорнии, главным образом, для орошения земляники (клубники), цветов и некоторых овощей, и благодаря ему достигаются хорошие результаты на таких легких почвах, на которых другие приемы орошения совершенно неприменимы.



Фиг. 47. Площадки, применяющиеся к рельефу местности.

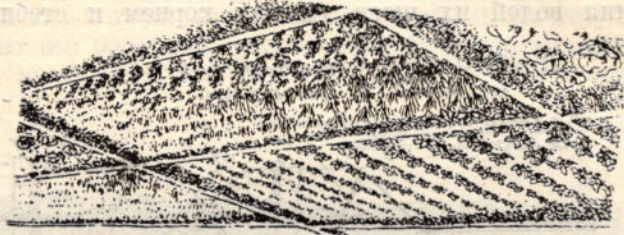
Выше было отмечено, что в районах интенсивного хозяйства, где оросительная вода очень дорога, она доставляется к полям или садам, вместо открытых каналов, — бетонными, глиняными



или деревянными трубами с некоторым напором. Тогда очень часто полив культур производится при помощи разъемных переносных металлических труб или парусиновых шлангов, по которым она и доставляется непосредственно к поливаемым точкам поля. Орошаемая площадка разбивается при этом на полосы 30—50 м шириной и длиной не более 400 м.

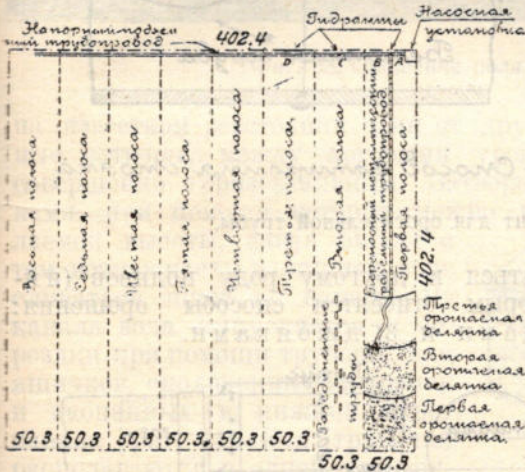
Фиг. 48. Орошение сада бассейнами. Полосы поливаются частями, и после окончания поливки части полосы трубы снимаются, производится полив следующей части полосы, а освободившиеся трубы переносятся на соседнюю полосу (фиг. 50). При этом способе полива не только уничтожаются потери в поливной сети, но и потери на полях до-

стигают минимума, так как вода доставляется непосредственно к увлажняемой точке поля. С точки зрения подачи воды можно ограничиться только предварительной планировкой поля, но для получения равномерного увлажнения желательна предварительная подготовка поверхности поля в виде тщательной планировки.



Фиг. 49. Орошение бассейнами огорода.

Гидранты, соединяющие подземные напорные трубы с трубами, расположенными до поверхности поля, обычно представляют кусок бетонной трубы, поставленной вертикально и соединенной на цементном растворе с подземной трубой (фиг. 51); с верхней стороны к этой трубе прикреплено колено из железной оцинкованной трубы, к которому присоединяется парусиновая кишка, передающая воду в переносные трубы. Когда орошения из данного гидранта не производится, он закрывается деревянной пробкой.

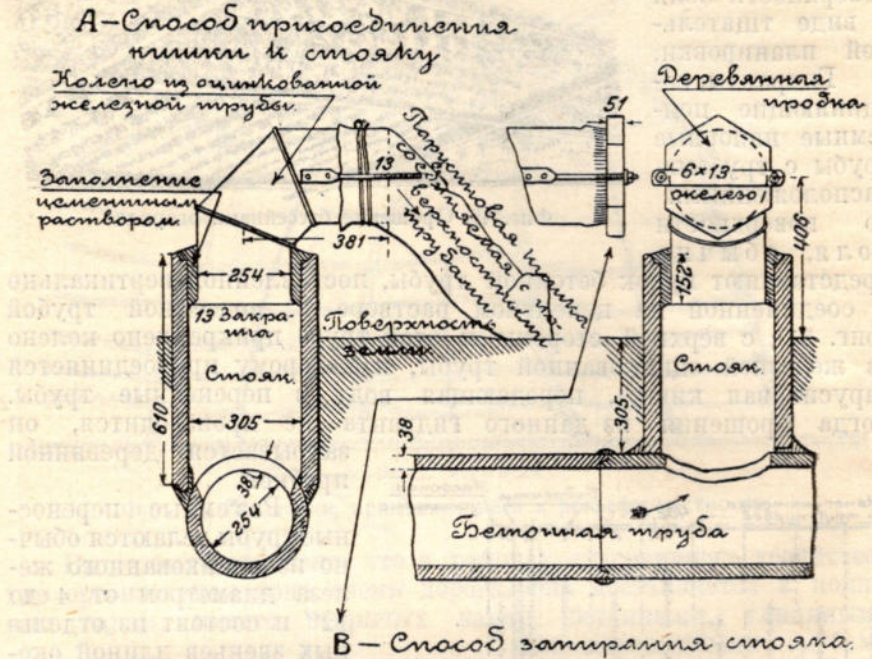


Фиг. 50. Орошение люцерны по трубам.

Разъемные переносные трубы делают обычно из оцинкованного железа диаметром от 4 до 12'' и состоят из отдельных звеньев длиной около 3 м, достаточно легких для переноски (фиг. 52). Один их конец имеет слегка коническую форму, чтобы при соединении их можно было получить достаточно плотное и водонепроницаемое сопряжение. Во избежание порчи растений трубы иногда укладываются на легкие переносные козлы.

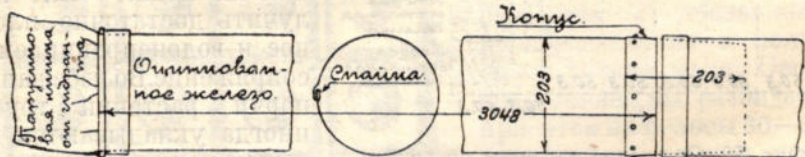
Описанный способ полива, хотя и очень совершенный в смысле полезного использования воды, имеет, однако, вследствие своей дороговизны, крайне ограниченное применение; родиной его является Южная Калифорния, где он применяется для полива люцерны и кормовых культур и в меньшей степени для полива садов.

Все вышеописанные способы орошения, относящиеся к группе затопления, могут применяться на более или менее легких почвах, неспособных от действия воды спекаться и образовывать корку, а также для тех растений, которые не боятся смачивания водой их шеек (между корнем и стеблем). В противном



Фиг. 51. Гидрант для оросительной трубы.

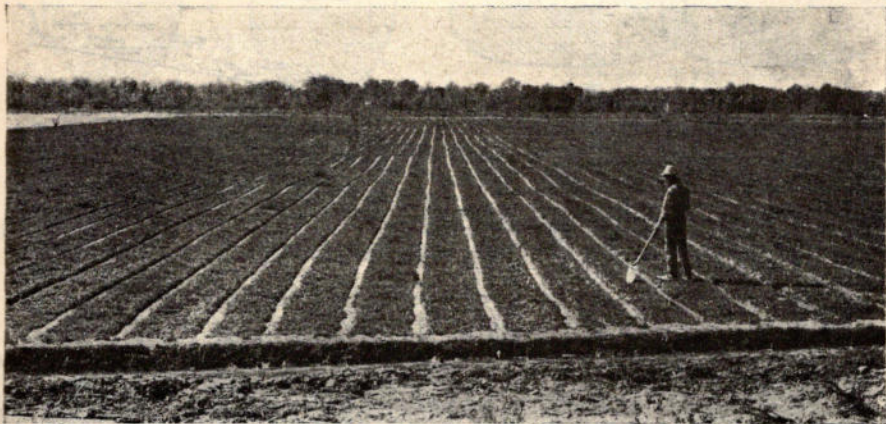
случае приходится обращаться к другому роду поливов (ин-
фильтрацией), к которым относятся способы орошения:
1) бороздами, 2) грядами и 3) джояками.



Фиг. 52. Оросительные трубы.

При орошении по бороздам поле покрывается рядами
небольших, узких и мелких борозд, по которым пускается вода
(фиг. 53). Вода впитывается через дно борозд и передается кор-
ням, не смачивая непосредственно поверхности почвы в про-
межутках между ними.

При этом способе водопроводящие каналы проводятся поперек поля, оросительные же бороздки проводятся вдоль уклона или под известным углом к нему, в зависимости от ската поля. При этом каналам придается самый ничтожный уклон для того, чтобы при перепруживании канала вода ровными струйками выливалась во все бороздки, расположенные выше подпрудок. В некоторых местностях на таких каналах устраиваются

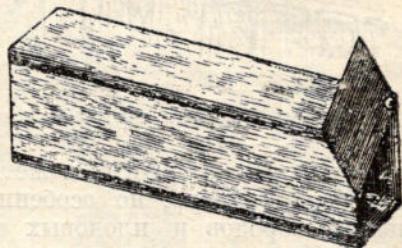


Фиг. 53. Орошение поля бороздками.

на известном расстоянии один от другого деревянные или бетонные затворы, между которыми уровень воды поддерживается совершенно горизонтальным. Затворы эти снабжаются заставками, при помощи которых можно подпруживать воду до желаемой высоты, давая вместе с тем возможность излишней воде сливаться ниже по каналу. Из канала вода выпускается в бороздки при помощи трубочек или ящичков, сколоченных из дранок и вкопанных в нижний берег канала (фиг. 54). Эти трубочки располагаются в одной горизонтальной плоскости несколько выше низкого уровня воды в канале, когда затворы открыты.

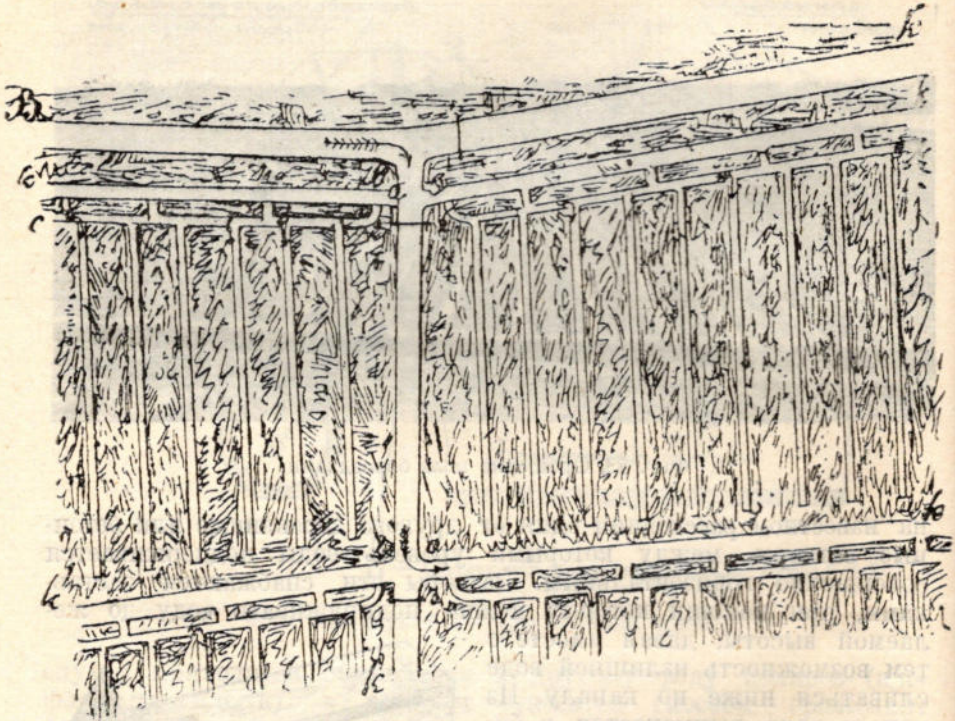
Когда же затворы закрываются, вода поднимается и равномерно затопляет устья трубочек, через которые и вытекает в бороздки.

В других местностях вода из водопроводящего канала отводится в бороздки при помощи раскалывания берега канала без посредства каких бы то ни было трубочек и распределяется между отдельными бороздками при помощи лопаты. При этом



Фиг. 54. Выпуск из оросительного канала в бороздки.

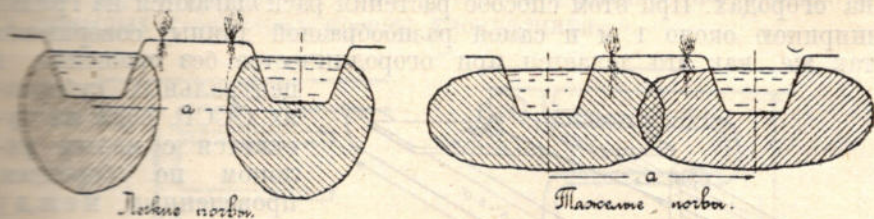
способе от поливщика требуется постоянный надзор за распределением воды, что является совершенно излишним при применении трубочек. Иногда при этом способе вода в бороздки направляется прямо из канала, иногда же она направляется сначала в особую распределительную канавку и затем уже из нее, при помощи раскалывания ее берегов, в бороздки (фиг. 55). Последний способ применяется обыкновенно на легко размываемых почвах.



Фиг. 55. План картофельного поля, орошаемого бороздками.

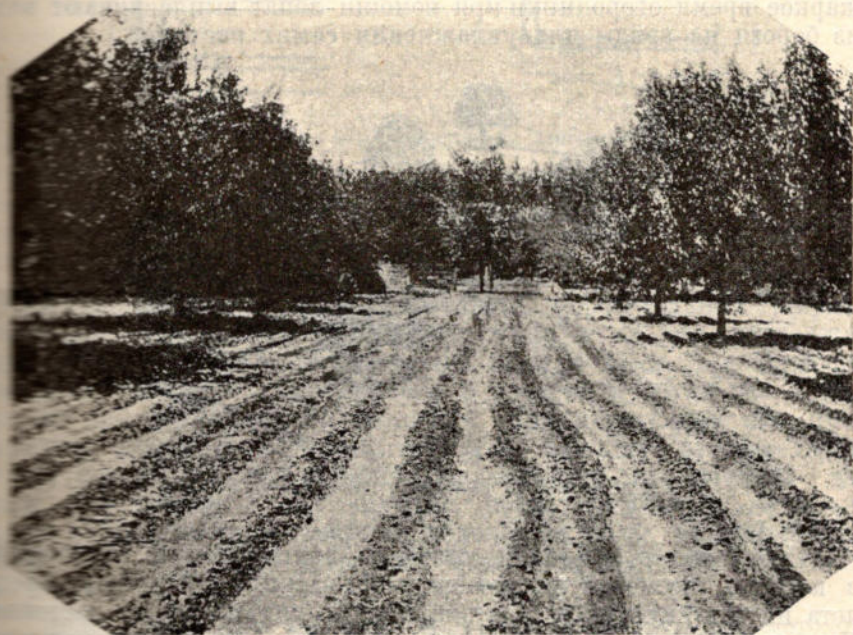
Способ борозд может применяться при орошении всякого рода культур, но особенно часто он применяется при орошении огородов и плодовых садов (главным образом, в Америке). На огородах овощи сажаются на гребнях между бороздами, вода же подводится к ним по бороздам, увлажняя корни растений снизу и с боков (фиг. 56). При орошении садов борозды проводятся между рядами деревьев, в них напускается оросительная вода и медленно протекает, пока не напитает в достаточной мере корни деревьев (фиг. 57). По окончании орошения, когда почва достаточно просохнет, бороздки запахиваются. Число бороздок, проводимых во фруктовых садах, зависит от возраста деревьев, расстояний между рядами их, глубины бороздок и

характера почвы. Молодые деревья, вскоре после посадки, могут орошаться одной или двумя бороздами, ко времени же плодоношения они требуют четыре и более борозд. При мелких бороздах промежутки между ними достаточны в 0,75 м, при глубоких же—



Фиг. 56. Просачивание воды в почву из бороздок.

промежутки доходят до 1,5 м. Для проведения борозд можно пользоваться простыми орудиями, одно из которых изображено на фиг. 58.

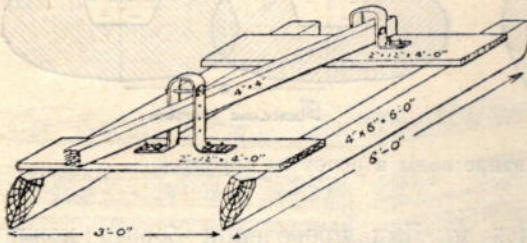


Фиг. 57. Орошение плодового сада бороздами.

В орошаемых районах Крыма при орошении садов борозды проводятся вокруг деревьев кольцеобразно с таким расчетом, чтобы вода подводилась непосредственно к мелким корням де-

ревьев. По мнению крымских садоводов, мелкие корни располагаются непосредственно под краями кроны (фиг. 59).

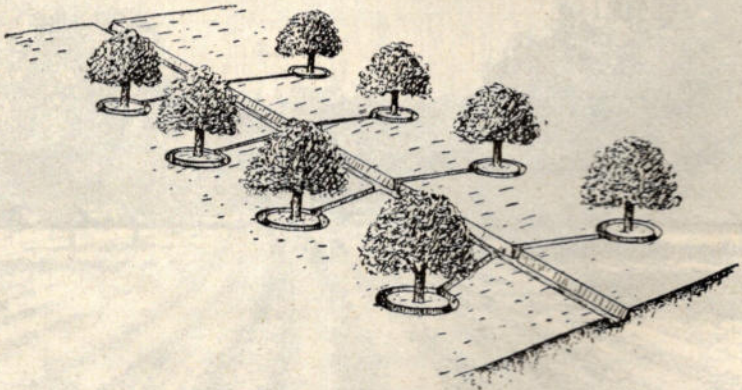
Некоторым видоизменением способа орошения по бороздам является способ междугрядного орошения, применяемый на огородах. При этом способе растения располагаются на грядах шириною около 1 м и самой разнообразной длины, совершенно так же, как это делается при огородничестве без орошения в



Фиг. 58. Орудие для проведения оросительных борозд.

центральных губерниях СССР, вода же пускается с малым уклоном по бороздам, проведенным между грядами, и орошает растения. Такой способ орошения обыкновенно практикуется на почвах более тяжелых, обладающих капиллярными свойствами. В самое

жаркое время огородники при помощи лопат выплескивают воду из борозд на гряды для увлажнения самих растений.

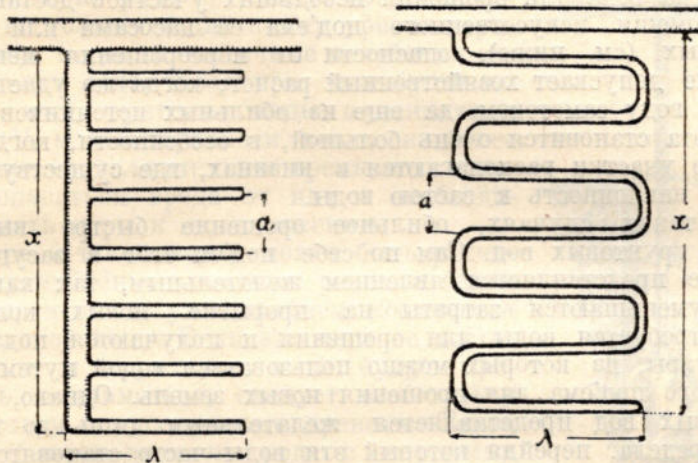


Фиг. 59. Орошение сада кольцеобразными бороздами в Крыму.

Этот способ орошения особенно пригоден для местностей, в которых, несмотря на преобладание засушливой погоды, среди лета иногда случаются большие дожди, подтопляющие растения. При таком способе это подтопление становится невозможным, так как растения расположены высоко на грядах, глубокие же борозды хорошо отводят воду.

Способ полива по джоякам, наиболее распространенный в хлопковых районах Средней Азии, мало чем отличается от способа междугрядного орошения (фиг. 60). В случае больших

уклонов, преобладающих на полях Средней Азии, гряды (джояки) проводятся не в прямом направлении, а зигзагами (фиг. 61). Растения располагаются на самых джояках, вода же медленно протекает по междурядиям, постепенно увлажняя с боков корни растений. Этим способом обыкновенно орошаются в туземных хозяйствах посевы хлопчатника.



Фиг. 60 и 61. Орошение по джоякам.

XIII. Вред чрезмерного орошения.

Благодаря искусственному орошению в местностях с засушливым климатом можно достигать поразительных результатов. При его помощи совершенно сухие и на вид бесплодные пустыни превращаются в цветущие поля и сады, а доходность засушливых земель увеличивается в десятки и сотни раз. Однако, то же искусственное орошение, при неразумном его применении, может легко превратиться в причину основательной порчи земель и прекращения получения с них всякого дохода. Это бывает в тех случаях, когда земледелец не знает меры и применяет чрезмерные количества воды, ошибочно полагая, что, чем более затратишь воды, тем лучшие получишь результаты.

Дело в том, что ни при одном из существующих методов орошения нет возможности применять воду таким образом, чтобы она вся, целиком, была поглощена корнями растений. Всегда во время поливов очень значительная часть воды проходит мимо корней и опускается в почву. При применении малых поливов это количество непроизводительно теряемой воды относительно не велико, при применении же обильных орошений

корни получают все те же количества влаги и только большее количество воды уходит в подпочву, соединяясь там с грунтовыми водами. Эти грунтовые воды быстро поднимаются к поверхности и, в результате, получается либо заболачивание почвы, чрезвычайно вредно влияющее на доходность культур, либо еще более вредное засоление.

Когда вода для орошения небольших участков доставляется при помощи искусственного подема ее насосами или силою животных (см. ниже), опасности от переорошения меньше — этого не допускает хозяйственный расчет; когда же удается получить воду самотеком, да еще из обильных источников, опасность эта становится очень большой, в особенности, когда орошаемые участки располагаются в низинах, где существует особенная наклонность к застою воды.

В таких случаях, обильное орошение быстро вызывает подем грунтовых вод. Сам по себе подем этот в засушливом климате представляется явлением желательным, так как при этом уменьшаются затраты на прорытие новых колодцев, менее требуется воды для орошения и получают подземные резервуары, из которых можно пользоваться водой путем механического подема для орошения новых земель. Однако, подем грунтовых вод представляется желательным лишь до известного предела, перейдя который эти воды часто становятся уже настоящим бедствием для культур на орошаемых землях.

Грунтовые воды могут быть опасными с двух точек зрения: во-первых, вследствие подтопления корней растений и лишения их воздуха, и, во-вторых, вследствие засоления поверхности почвы. Вследствие капиллярности, высокие грунтовые воды поднимаются к поверхности и там испаряются, при испарении же воды соли естественно остаются на поверхности почвы и образуют соляную корку — солончак. Если в составе этих солей имеется $MgCl_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4 , $NaCl$, то образующаяся солончачовая корка в самом скором времени убивает растения.

Капиллярное поднятие грунтовых вод на поверхность может происходить, в зависимости от рода почв, с глубины от 1 до $1\frac{1}{3}$ м. Поэтому, если имеется в виду опасность поднятия грунтовых вод, надо обязательно заметить и предупредить его, так как иначе можно загубить культуры и окончательно испортить земли.

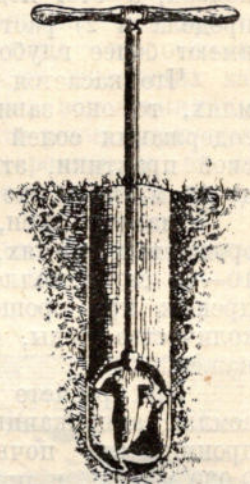
Лучшим способом наблюдения за уровнем грунтовых вод является устройство небольших буровых смотровых колодцев. Колодцы эти делаются при помощи хозяйственного земляного бурава (фиг. 62), диаметром до 0,1 м, и располагаются в различных местах орошаемого участка. Наблюдения за уровнем воды в них ведутся через определенные промежутки времени.

Если почва, в которой устроены колодцы, представляет собою глину или же глинистый суглинок, для укрепления их

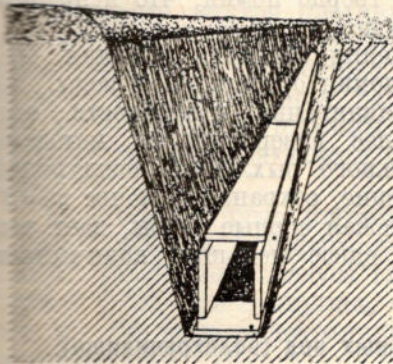
достаточно опустить несколько звеньев глиняных дренажных труб или же короткую деревянную трубу. В тех же случаях, когда почва или подпочва рыхлы, приходится укреплять их при помощи труб из оцинкованного железа.

Наблюдения за уровнем грунтовых вод в этих колодцах, производимые через недельные или же месячные промежутки в продолжение ряда лет, дадут возможность видеть не только общий подъем уровня грунтовых вод, но даже частичные колебания его во времена года. Если при этом будет замечено, что грунтовые воды поднимаются ближе $1\frac{1}{2}$ м к поверхности почвы на более или менее продолжительное время, есть основание опасаться вреда от них и необходимо принять меры к их понижению.

Первой такой мерой может быть расчистка и углубление соседних речек и балок с одновременным уменьшением количества оросительной воды. Если эта мера не достигает цели и грунтовые воды будут продолжать подниматься, следует озаботиться устройством искусственного дренажа. Такой дренаж бывает двоякого рода: с открытыми дренами или с закрытыми. Открытые дренаи устраиваются в виде канав, имеющих глубину не меньше 1,7—2,0 м, а при крупных размерах обслуживаемых ими площадей больше 2,0 м. Уровень воды, при работе их нормальными расходами, должен стоять, по крайней мере, на 1,3—1,5 м ниже поверхности земли.



Фиг. 62. Земляной бур.



Фиг. 63. Деревянные дренаи по системе Бутса.

Расстояние между отдельными открытыми дренами зависит от уклона местности и свойств почвы. Чем почва более проницаема, тем расстояние это бывает больше и наоборот.

Дренаж при помощи открытых дренаи представляет, однако, много неудобств: дренаи засоряются, требуют больших расходов на очистку и стесняют полевые работы. Поэтому, всегда предпочитается дренаж при помощи дренаи закрытых.

В тех местах, где лес дешев и имеются породы его, хорошо противостоящие гниению, применяются дренаи в виде ящичков (дренаи Бутса) в роде изображенной на фиг. 63. Там же, где лес дорог, предпочитают глиняные или бетонные трубочатые дренаи.

Глубина закладки закрытого дренажа на орошаемых землях делается не меньше 1,2—1,5 м, т. е. более значительной, нежели при обычном осушении. Это объясняется тем, что на орошаемых землях надо поддерживать уровень грунтовых вод более глубоко, так как: 1) с грунтовыми водами капиллярно поднимаются и растворимые соли, содержащиеся в орошаемых почвах, а этот подъем солей нельзя допускать выше известного предела и 2) растения, культивируемые на орошаемых землях, имеют более глубокую корневую систему.

Что касается расстояний между дренами на орошаемых землях, то оно зависит, главным образом, от свойств почвы и содержания солей в ней. По данным американской и египетской практики, эти расстояния изменяются в пределах от 15 до 60 м; чаще же встречаются расстояния в 30—45 м.

Диаметр дрен, вследствие легкой заиляемости дренажа на орошаемых землях, делается никак не меньше 8 см, лучше же 10—15 см, а коллекторы—до 25 см. Это вызывается и тем, что дренаж при орошении должен отводить значительно большие количества воды, сравнительно с обычным осушительным дренажем.

При расчете пропускной способности дрен на орошаемых землях американцы принимают сток с кв. километра при непроницаемых почвах в 0,015 м³/сек., при средних почвах—0,030 м³/сек., и при гравелистых почвах—от 0,07 до 0,10 м³/сек.

Устройством дренажа представляет собой весьма дорогую работу, поэтому орошение надо стараться устраивать на таких местах, где имеется достаточный скат и преобладают водопроницаемые подпочвы, обеспечивающие хороший естественный дренаж. Кроме того, надо стараться избегать чрезмерного применения искусственного орошения, твердо помня, что исправить тяжелые последствия его очень трудно.

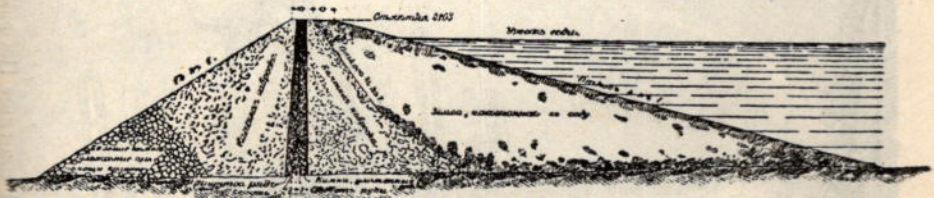
Лучшим способом предупреждения вредного влияния орошения является наивозможная экономия оросительной воды, достигаемая путем тщательного выравнивания поверхности орошаемых почв, пользования наиболее совершенными методами поливов (по бороздам) и обязательного рыхления междурядий после каждого орошения. Это рыхление, сохраняя в почве влагу, внесенную при орошении, и уничтожая сорные травы, дает возможность обходиться очень часто вдвое меньшим количеством оросительной воды.

XIV. Магазирирование оросительных вод (водохранилища).

Когда вся протекающая во время летнего оросительного периода вода реки, служащей источником искусственного орошения, оказывается распределенной по оросительным каналам, а в долине ее имеются еще значительные площади земель, ожидающих орошения, то невольно возникает мысль об использовании

той воды, которая протекает вне ирригационного периода—осенью, зимой и весной. Использование этой воды возможно путем собирания ее в особых водохранилищах. Водоохранилища эти могут устраиваться двояко: 1) в виде небольших индивидуальных прудов на землях отдельных водопользователей или групп их в пределах орошаемой площади или 2) в виде больших коллективных резервуаров, расположенных выше орошаемых площадей в верховьях реки, служащей для орошения. Водоохранилища на орошаемых площадях мало желательны—они отнимают много площади от культур, требуют дорогих питающих каналов, а потому применяются редко. Наоборот, водохранилища в верховьях рек гораздо удобнее, тем более, что реки, служащие для орошения, имеют обыкновенно горный характер и в их верховьях всегда можно найти подходящие ущелья и места для устройства плотин.

Плотины для водохранилищ бывают весьма разнообразных типов: плотины небольшой высоты (до 50 м) преимущественно



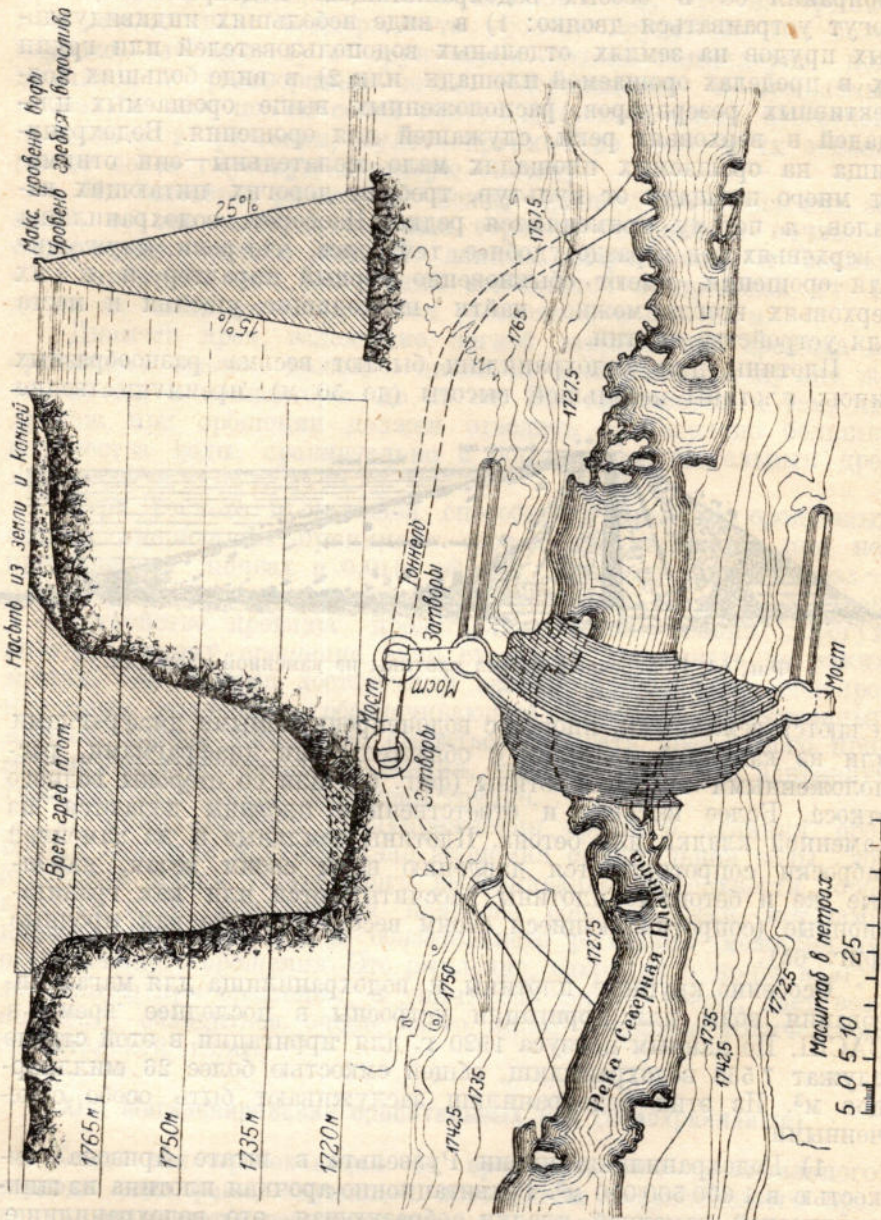
Фиг. 64. Поперечный разрез плотины из каменной наброски.

делаются земляными, иногда с водонепроницаемыми диафрагмами или из каменной наброски с обязательными диафрагмами, расположенными внутри плотины (фиг. 64) или со стороны водного откоса. Более высокие и ответственные плотины делаются из каменной кладки или бетона. Плотины земляные и из каменной наброски сопротивляются давлению воды своим весом, каменные же и бетонные плотины рассчитываются или как гравитационные (сопротивляющиеся своим весом) или же как арочные (фиг. 65).

Особенно крупные плотины и водохранилища для magazинирования воды для ирригации устроены в последнее время в САСШ. По данным переписи 1920 г. для ирригации в этой стране служат 7 538 водохранилищ, общей емкостью более 26 миллиардов м³. Из этих водохранилищ заслуживают быть особо отмеченными:

1) Водоохранилище имени Рузвельта в штате Аризона емкостью в 1 600 500 000 м³. Гравитационно-арочная плотина из циклопической каменной кладки, образующая это водохранилище, имеет в высоту 85,2 м и в длину по гребню около 328 м (фиг. 66).

2) Водохранилище Пасфайндер в штате Вайоминг емкостью в 1 300 000 000 м³ и площадью зеркала в 8 800 га. Гравитацион-



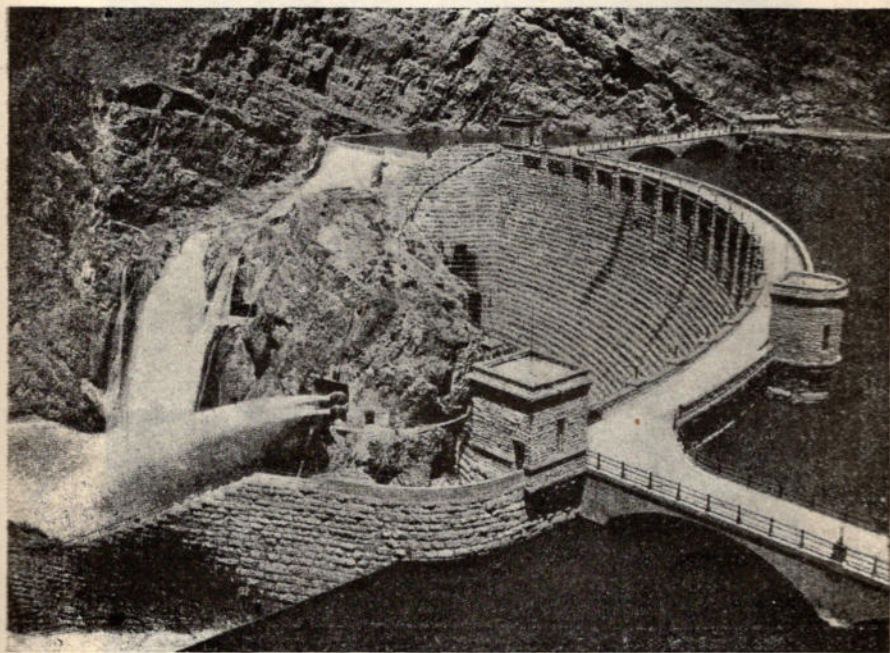
Фиг. 65. Чертежи арочной плотины Пасфайндер в Сев. Америке.

но-арочная плотина из каменной кладки имеет высоту в 64 м и в длину по гребню 132,2 м (Фиг. 65).

3) Водохранилище Шошонь в штате Вайоминг емкостью в 563 000 000 м³ и площадью зеркала в 2 560 га. Арочная бетонная плотина высотой в 100 м и длиной по гребню 64 м (фиг. 67).

4) Водохранилище Арроурок в штате Айдаго емкостью в 345 000 000 м³. Его плотина имеет высоту в 105 м и длину по гребню 330 м.

В верховьях горных рек основных орошаемых районов СССР—Средней Азии и Закавказья—имеется также чрезвычайно много удобных мест для устройства плотин и водохранилищ (фиг. 68), но время для широкого строительства в этой области еще не наступило—до настоящего времени далеко еще не использована



Фиг. 66. Плотина им. Рузвельта в шт. Аризона.

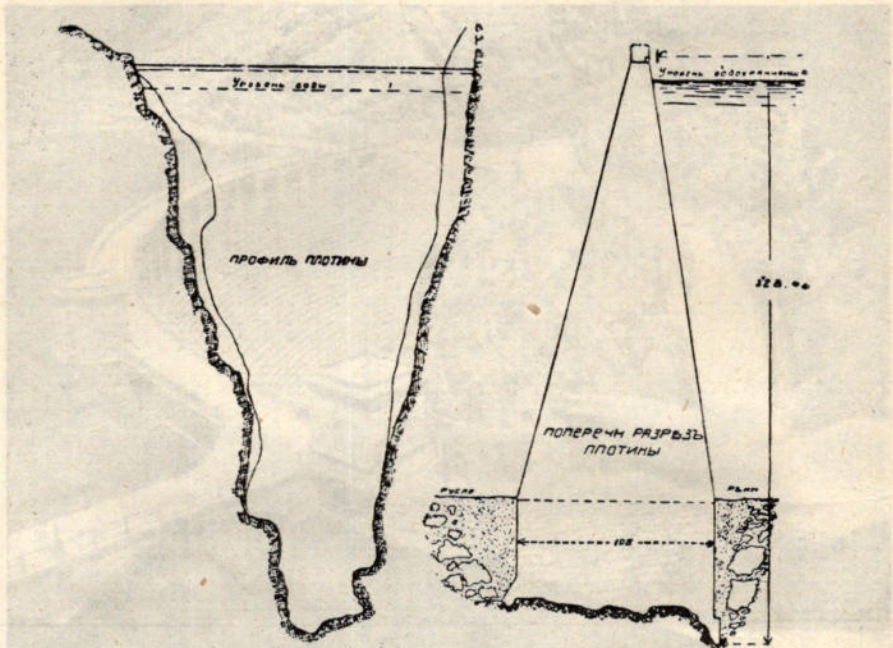
наличная летняя вода наибольших рек этих районов. Однако, в отдельных местностях надобность в таких водохранилищах уже наблюдается.

При проектировании и устройстве водохранилищ особое внимание необходимо уделять опасности их заиления или заполнения наносами, влекомыми реками и задерживаемыми плотинами.

Для борьбы с заилением водохранилищ предлагаются следующие меры: 1) в начале половодья, когда река несет много наносов, воду пропускают сквозь особые отверстия в плотине, которые закрывают, когда вода станет несколько чище; 2) во-

круг водохранилища устраиваются особые обводные каналы, по которым направляются воды реки мимо водохранилища при проходе больших наносов; 3) водохранилище устраивается не в русле реки, а в соседней низине, куда вода направляется при помощи питающих каналов, берущих более чистую воду в конце паводков.

Если все эти меры оказываются неприменимыми, водохранилище устраивается в русле реки очень большого объема с таким расчетом, чтобы оно вполне окупило себя до заполнения наносами; после же этого устраивается новое водохранилище в другом месте.



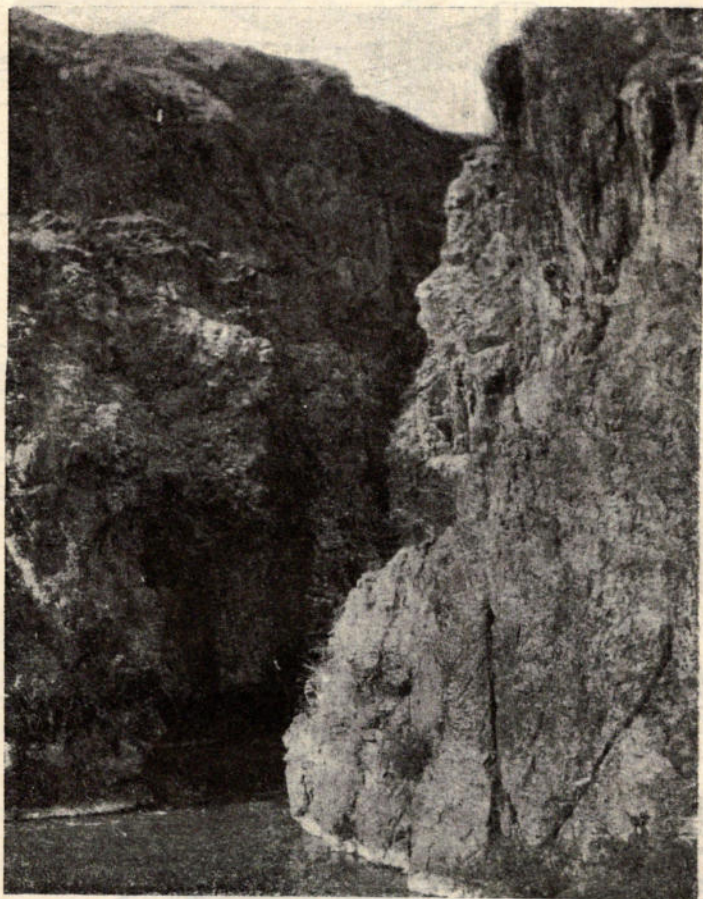
Фиг. 67. Плотина Шошон в шт. Вайоминг.

Для орошения небольших участков земель, в целях борьбы с засухой, в степных местностях юго-востока РСФСР, в последнее время стали усиленно применяться небольшие водохранилища-пруды, устраиваемые для сбора снеговых вод путем перепруживания небольших степных, пересыхающих летом речек или даже обыкновенных балок, логов и оврагов, по которым весной стекают талые воды.

Такие пруды всегда стараются располагать возможно выше по балке для того, чтобы положение их было командующим над возможно большей подлежащей орошению площадью. Однако, при этом надо считаться и с тем, что высокое положение уменьшает

водосборную площадь, с которой вода будет стекать в водохранилище, ибо количество воды, собираемой в водохранилище, определяется по формуле

$$Q = Fh\alpha,$$

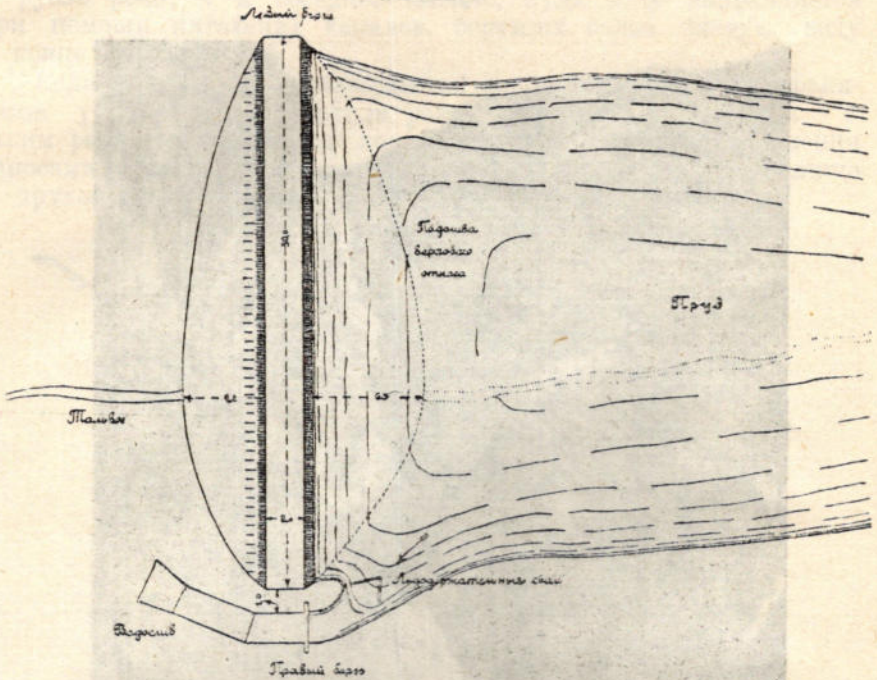


Фиг. 68. Место для плотины на р. Кегень в Казакстане.

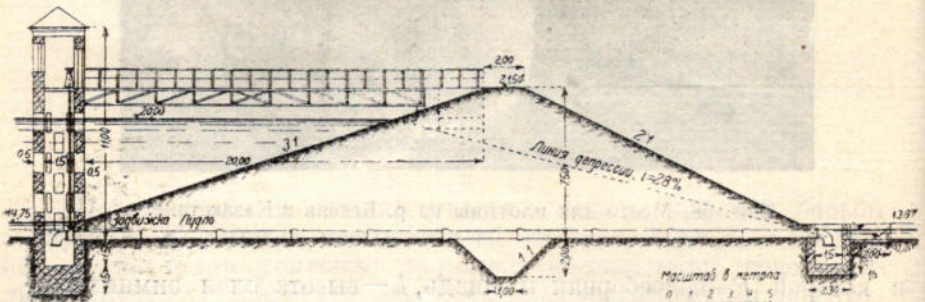
в которой F —водосборная площадь, h —высота слоя зимних атмосферных осадков, α —коэффициент стока, зависящий от характера почвы водосборной площади, общей ее формы, уклона и пр.

Плотины для таких водохранилищ-прудов обыкновенно устраиваются земляные с расположенными несколько в стороне от плотин водосливами для спуска излишних паводковых вод, могущих переполнить пруд и размыть плотину (фиг. 69). Расчет отверстий водосливов определяется по общим формулам

отверстий гидротехнических сооружений (Кестлина-Николац, Тарловского, Ланге, Дейча и др.). Водосливы делают деревянные, каменные, бетонные и др.

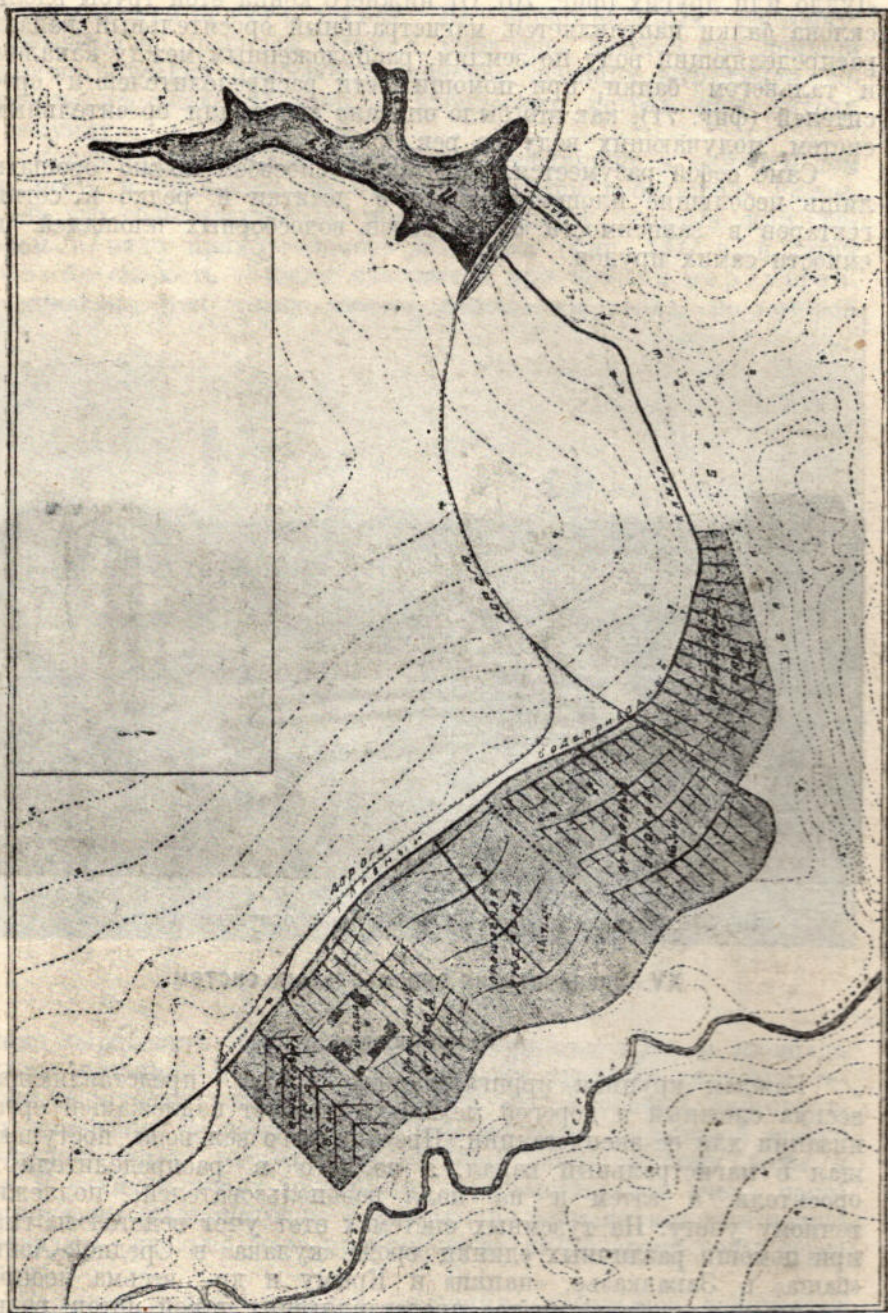


Фиг. 69. План пруда с водосливом.



Фиг. 70. Поперечный разрез плотины с водовыпускной трубой и задвижкой Лудло.

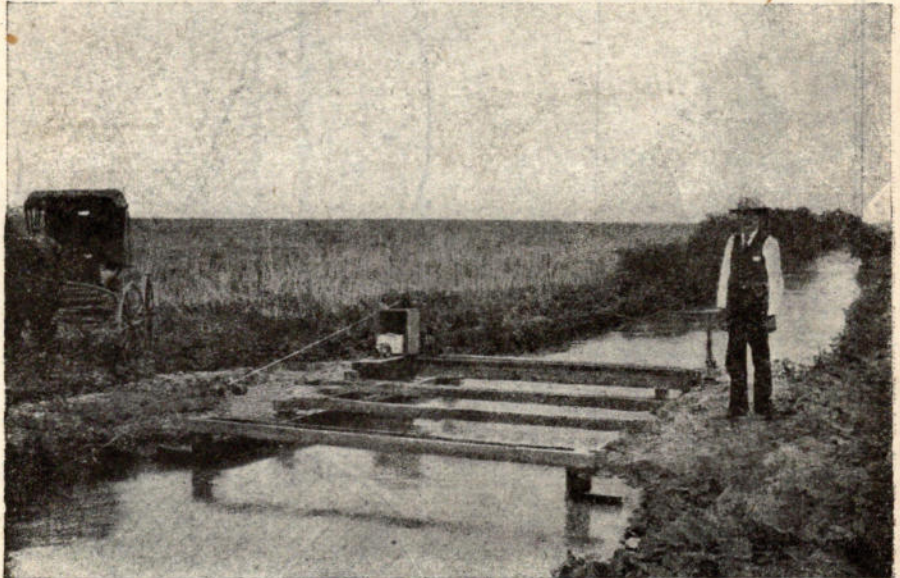
Для выпуска воды из пруда в целях орошения, в теле плотины возможно ближе к ее основанию укладывается труба (чугунная или бетонная) с соответствующими затворами типа



Фиг. 71. План орошения из пруда.

Лудло или других (фиг. 70). От нижнего конца этой трубы вдоль склона балки направляется магистральный оросительный канал, распределяющий воду по землям, расположенным между каналом и тальвегом балки, при помощи сети распределителей и оросителей (фиг. 71), как это было описано выше для оросительных систем, получающих воду из рек.

Само собой разумеется, что таким способом можно орошать лишь небольшие площади земель в десятки и редко в сотни гектаров в зависимости от размеров водосборных площадей и емкости самих прудов.



Фиг. 72. Водоизмерительный желоб на оросительном канале.

XV. Эксплуатация оросительных систем.

A. Измерение воды.

Каждая крупная ирригационная система, представляющая весьма сложный и дорогой механизм, требует надлежащей организации для ее эксплуатации. Прежде всего вся вода, поступающая в магистральный канал, а из него в распределители и оросители, а затем и на поля водопользователей, подлежит точному учету. На туземных системах этот учет ведется на-глаз при помощи различных единиц вроде «кулака» в Средней Азии, «баша» в Закавказье, «цапки» в Крыму и др., весьма неопределенных и в большинстве представляющих такой поток воды, с которым может удобно управляться один водопользователь

при орошении своего посева. На ирригационных системах, устроенных по правилам техники, учет воды ведется при помощи гидрометрических приборов и приемов, дающих выражение количества протекающей воды в кубических метрах или литрах в секунду.

Когда приходится измерять воду регулярно в одном и том же месте в значительном канале, имеющем небольшой уклон, русло его обделывается на некоторую длину досками или бетоном в виде прямоугольного желоба (фиг. 72), и в этом желобе скорость течения измеряется при помощи вертушек. У одной из стен такого желоба помещается рейка, по которой



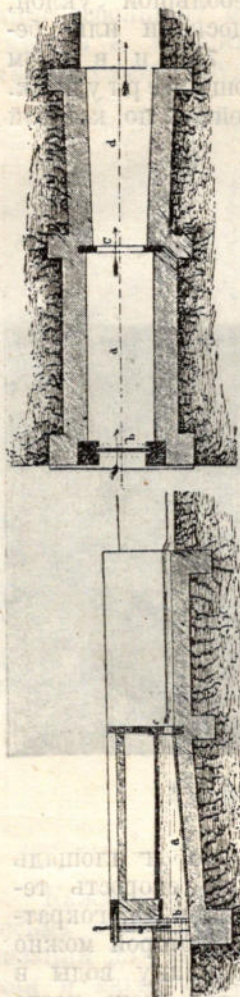
Фиг. 73. Водослив Чиполлетти.

можно определить глубину воды, а, следовательно, и площадь живого сечения. Помножив площадь на среднюю скорость течения, получают расход воды канала. На основании многократных измерений скоростей составляют таблицу, по которой можно вычислить сразу расход канала, зная лишь глубину воды в нем. В таких случаях при постах устанавливаются очень часто лимниграфы (самопишущие приборы), по записям которых можно определить, сколько было пропущено за любое время воды через канал.

В более мелких каналах, несущих небольшое количество воды при малой глубине, трудно бывает определить скорость при помощи вертушки. В таких случаях применяются водо-

сливы, расходы протекающей воды через которые определяются по формуле:

$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}$ (прямоугольный водослив), где b — длина порога водослива, h — напор воды над порогом, μ — коэффициент, колеблющийся от 0,560 до 0,740 в зависимости от формы водослива. Из различных систем водосливов наиболее



Фиг. 74. Миланский водяной модуль.

распространением пользуется в последнее время водослив Чиполлетти (Cipolletti), изображенный на фиг. 73 и представляющий трапецидальный водослив с наклоном боковых стенок в $75^\circ 30'$. Расход воды через этот водослив определяется по формуле

$$Q = 1,86bh^{3/2}$$

Для удобства пользования этой формулой составляются таблицы, по которым вычисляют количество переливающейся воды, измерив лишь глубину слоя. Очень часто также при водосливе имеется самопишущий прибор.

Водослив Чиполлетти дает очень хорошие результаты, близкие к теоретическим, но только в тех случаях, когда края водослива остры и он снабжен достаточным отстойным бассейном, в котором вода может успокаиваться и принимать вид почти стоячей. Однако, в тех случаях, когда оросительная вода несет много наносов, отстойный бассейн быстро засоряется ими и измерения по этому водосливу становятся очень неточными. Бывают случаи, когда водослив Чиполлетти оказывается и совершенно неприменимым, напр., тогда, когда уклон канала слишком мал для того, чтобы дать возможность воде сливаться с водослива свободной струей, что представляется безусловно необходимым для обеспечения точных результатов.

В Италии при распределении воды между отдельными водопользователями еще с XVI века применяются, так называемые, модули. Это постоянные устройства, большей частью каменные, предназначенные специально для измерения расхода воды или через отверстие в тонкой стенке под напором, или через водослив.

На фиг. 74 показан так называемый миланский модуль, изобретенный Soldati в 1572 г. он представляет собою каменный водослив, длиной около 12 м, ширины различной, в зависимости от измеряемого расхода. Единицей

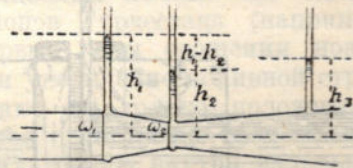
меры или собственно модулем служит количество воды, протекающее в 1 сек. через прямоугольное отверстие, шириной 0,1487 м (3 миланских once) и высотой 0,1983 м (4 once), при постоянном напоре 0,0992 (2 once).

При проведении по трубам оросительной воды, не отягченной взвешенными наносами, иногда пользуются водомерами типа водопроводных, например, водомером Вентури, основанном на разнице в гидростатических давлениях (фиг. 75). Расход воды здесь определяется по формуле:

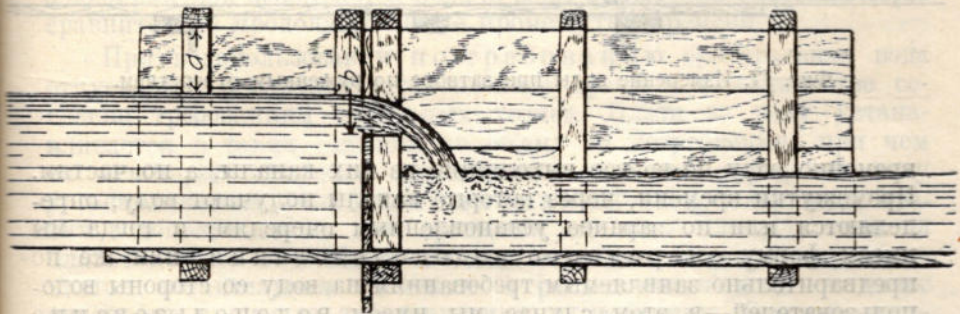
$$Q = \frac{c_1 \omega_1 \omega_2}{\sqrt{\omega_1^2 - \omega_2^2}} \cdot \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

Когда не желают, вследствие экономических соображений, устанавливать специальные водоизмерительные приборы и не особенно заботятся о точности измерений, пользуются обыкновенными устанавливаемыми на каналах затворами.

Если уклон канала бывает достаточно велик, затворы устанавливаются так, чтобы получить водослив (фиг. 76). В этих случаях расход определяется по формуле прямоугольного водослива. Когда уклон канала бывает слишком мал и перепада получить нельзя, воду пропускают под щитом



Фиг. 75. Схема водомера Вентури.



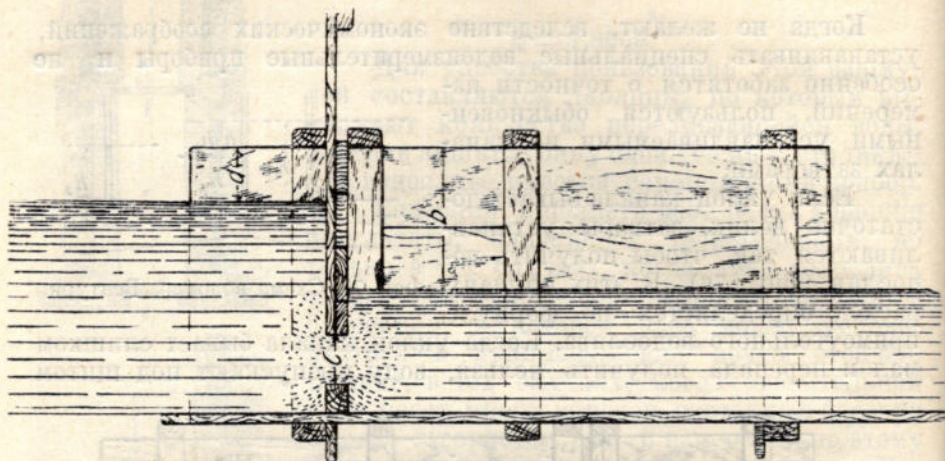
Фиг. 76. Измерение воды при затворе водосливом.

затвора (фиг. 77) и для определения расхода пользуются формулой желоба и погруженного отверстия.

Б. Водообороты.

Вторым условием правильной эксплуатации каждой ирригационной системы является правильное распределение оросительной воды путем установления соответствующего водооборота.

Из каждого магистрального канала могут быть два случая распределения воды по каналам распределительно-оросительной сети: 1) когда из магистрального канала получают воду все младшие каналы одновременно и 2) когда младшие каналы получают воду не все сразу, а частями. В первом случае мы имеем дело с непрерывным водопользованием. Очевидно, оно может осуществляться только в тех случаях, когда система обильно обеспечена водой. В большинстве же случаев бывает невыгодно осуществлять непрерывную подачу воды во все каналы системы одновременно и приходится распределять воду по второму способу, т. е. определенные категории каналов заставляют получать воду с перерывами и из старших каналов давать одно-



Фиг. 77. Измерение воды при затворе погруженным отверстием.

временно воду не во все выходящие из них каналы, а по частям. Промежутки времени, через которые каналы получают воду, определяются или по заранее установленным очередям, и тогда мы имеем форму очередного водопользования, или же по предварительно заявляемым требованиям на воду со стороны водопользователей—в этом случае мы имеем водопользование по требованию.

Сообразно этому существуют три формы водопользования и ирригационных систем: непрерывное, очередное и по требованию.

При непрерывной системе водопользования каждое хозяйство получает воду непрерывным током пропорционально орошаемой площади. В результате получают очень большие расходы воды в каналах, большие потери на фильтрацию и испарение, большие количества сбросных вод, вызывающих часто заболачивание и засоление полей, и неудобства водопользователей, постоянно

связанных в своих хозяйствах с непрерывными потоками воды в каналах. Единственное преимущество этого способа заключается в удобстве управлением системой и взимания платы за воду пропорционально орошаемой площади.

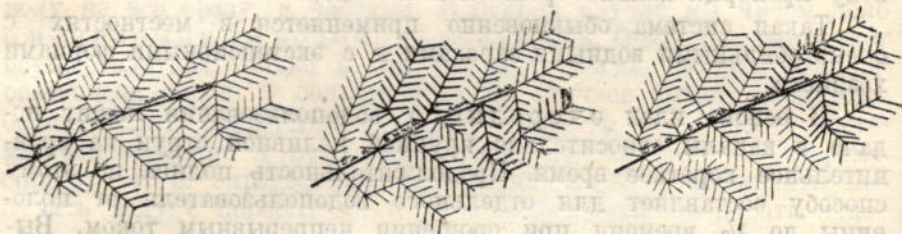
Такая система обыкновенно применяется в местностях с очень обильными водными запасами и с экстенсивными формами хозяйств.

В основе идеи очередного водопользования лежит подача в каналы относительно крупной поливной струи на сравнительно короткое время. Продолжительность полива по этому способу составляет для отдельного водопользователя от половины до $\frac{1}{3}$ времени при орошении непрерывным током. Выгоды очередного водопользования заключаются в уменьшении потребной для полива рабочей силы и в меньшей фильтрации на самых полях при высоко проницаемых почвах. На сильно проницаемых почвах некоторых районов Туркестана (например, Голодная Степь) и особенно в первые годы орошения новых земель, сокращение времени полива и увеличение поливной струи при очередном водопользовании дают не только положительные результаты, но и вообще являются единственно возможными, в виду огромных потерь воды на фильтрацию внутри надельной сети и особенно на самых полях.

Продолжительность времени между очередями различна в зависимости от ряда условий. С точки зрения успешного действия оросительного аппарата при водопользовании наиболее благоприятной оказывается подача воды отдельным участкам через сравнительно продолжительные промежутки времени.

При водопользовании по требованию оросительная вода отпускается в заранее установленное время и в количестве согласно требованиям отдельных хозяев. Плата за воду устанавливается в таких случаях по объему ее потребления, при чем на некоторых наиболее интенсивных системах тариф на воду устанавливается дифференциальный—чем более воды тратит водопользователь для орошения единицы площади, тем он платит дороже за каждую единицу ее объема. В результате получается значительная экономия в расходовании воды и менее опасности в смысле заболачивания и засоления. Система водопользования по требованию обычно связана с большими расходами на администрирование ирригационных систем, а потому применяется относительно редко. Гораздо чаще применяется система очередного водопользования. При этом водораспределение по очередям происходит или на магистральных каналах, когда работает одновременно только часть распределителей (фиг. 78), или на распределителях, когда непрерывно работает магистральный канал и распределители, а оросители соединяются в группы, питаемые водой из распределителей по очередям (фиг. 79), или по оросителям, когда непрерывно работает

вся сеть, при чем оросители одновременно удовлетворяют только отдельные группы водопользователей в порядке очереди (фиг. 80).

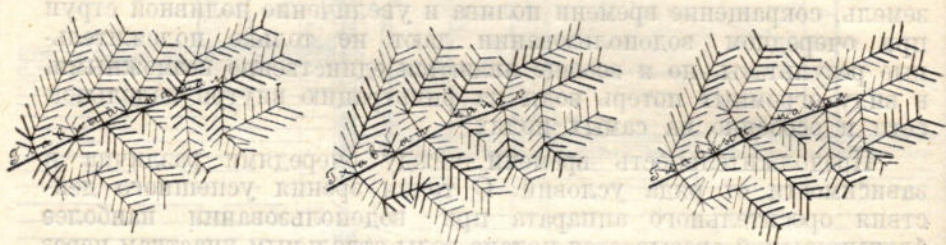


Действие I.

Действие II.

Действие III.

Фиг. 78. Водораспределение по магистральному каналу.

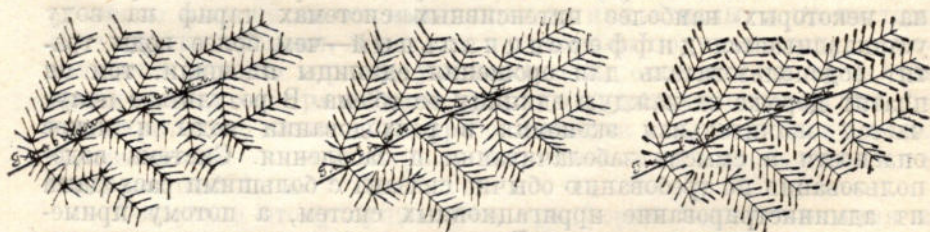


Действие I.

Действие II.

Действие III.

Фиг. 79. Водораспределение по распределителю.



Действие I.

Действие II.

Действие III.

Фиг. 80. Водораспределение по оросителю.

На фиг. 78, 79 и 80 работающие во время распределения воды каналы отмечены более темными линиями.

Водораспределение в этом случае может быть и комбинированным, если распределение по очереди происходит одновременно по двум или по нескольким элементам системы.

Необходимость постоянного наблюдения за каналами и искусственными сооружениями ирригационной системы, а также за распределением воды по каналам сети и отдельными водопользователями заставляет содержать на каждой системе известный штат техническо-административного персонала. На туземных системах Средней Азии во главе каждой системы в прежнее время обыкновенно ставился «арык аксакал», или водный надзиратель, наблюдающий за техническим состоянием всех каналов, распределением трудовой, денежной и материальной повинностей по ремонту каналов и сооружений на них и за распределением воды по сети между отдельными распределителями, орошающими отдельные участки общей орошаемой площади, находящиеся в пользовании отдельных общин. Помощниками арык-аксакала были «мирабы», или водные старосты, заведывавшие отдельными распределительными каналами и распределявшие воду непосредственно между водопользователями. Эти должности на туземных ирригационных системах Средней Азии были выборными и оплачивались большей частью известной долей урожая с орошаемых земель, что делало водную администрацию заинтересованной в исправной работе каналов.

В последнее время в Средней Азии управление ирригационными системами из рук туземной администрации постепенно переходит в руки водхозов, или управлений водным хозяйством, назначающих арык-аксакалов и мирабов из более или менее подготовленных технических работников, натуральная же оплата труда заменяется денежным довольствием по ставкам из средств водного сбора, которым постепенно заменяется натуральная повинность населения по содержанию ирригационных систем.

Во главе каждой крупной инженерной ирригационной системы, американской или индийской, обыкновенно стоит опытный инженер-гидротехник, при котором находится особая контора, где сосредоточивается все управление системой. Смотря по размерам системы, в распоряжении главного инженера находится то или иное число помощников, заведывающих отдельными частями системы, водных надзирателей, водных надсмотрщиков, сторожей при вододелителях и других искусственных сооружениях, а также техников для проектирования и производства работ.

Необходимым условием исправной работы каждой ирригационной системы является наличие хорошей связи между конторой главного инженера, конторами заведывающих отдельными частями, водных надзирателей, сторожей при сооружениях и, по возможности, отдельными водопользователями. Такая связь обыкновенно устанавливается при помощи телефонной сети, по которой передаются распоряжения по отпуску того или иного количества воды, по наряду рабочих для ремонта повреждений и пр.

На особо крупных системах к телефонной связи добавляется еще и телеграфная, чем еще более обеспечивается исправная работа системы.

XVI. Механический под'ем воды для орошения.

В тех случаях, когда источник воды залегает ниже земель, намечаемых для орошения, и когда вода к ним самотеком подведена быть не может, приходится прибегать к под'ему воды при помощи разного рода механических приспособлений.

Механический под'ем воды более или менее развит во всех странах, где орошение имеет место, и является, пожалуй, наиболее древней его формой. В Индии механическим путем орошается общая площадь около 4,5 млн. га, для чего служат около 3,0 млн. колодцев. В Египте работает около 35 тыс. норий, свыше 2 000 локобилей и 350 насосных станций, орошающих в общей сложности около 500 тыс. га. В САСШ механическим путем орошается площадь свыше 1,1 млн. га, примерно поровну из рек и из колодцев. Число насосных оросительных установок в 1920 году было в САСШ свыше 29 тыс. штук с общей мощностью около 749 тыс. ЛС и общей производительностью в 162.000 м³/мин. Интересно отметить при этом, что 96% всех американских механических оросительных установок было мелких (единоличных или групповых) со средней мощностью 18,5 ЛС каждая, и только 4% установок были более крупные, имея среднюю мощность около 190 ЛС каждая ¹⁾.

Механическое орошение имеет целый ряд существенных достоинств: 1) оно является весьма гибким в смысле приспособляемости к самым сложным рельефам местности, когда самотечное орошение почти не осуществимо; 2) благодаря ему можно орошать высоко-расположенные земли, имеющие часто хорошие почвенные условия и использовать грунтовые воды; 3) устройство механического орошения может стоить даже дешевле самотечного орошения для сравнительно небольших площадей, высоко расположенных и находящихся в сложных условиях рельефа.

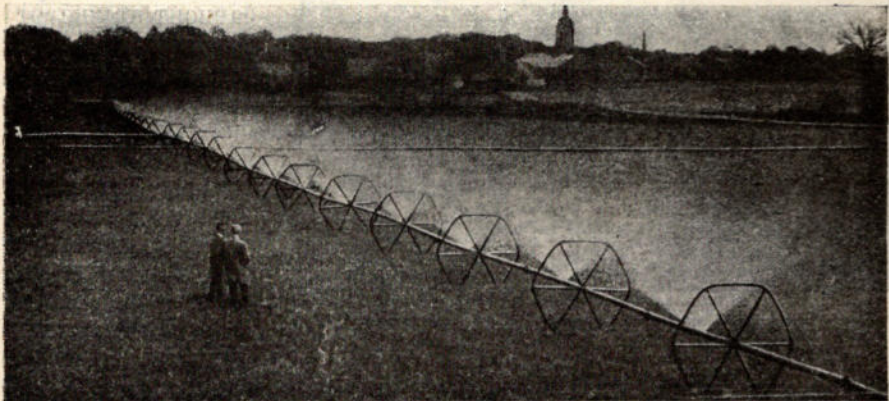
Слабой стороной механического орошения являются большие эксплуатационные расходы, связанные с этим орошением (стоимость энергии, особенно в случае тепловых двигателей, и ухода). Поэтому проекты механического орошения приходится особенно тщательно обосновывать с экономической стороны и правильно устанавливать ту высоту, на которую при данных условиях выгодно поднимать оросительную воду.

Можно различать два основных случая механического орошения:

¹⁾ Более подробные цифровые данные см. статью проф. Скорнякова «Анализ американских статистических данных по искусственному орошению» в Трудах Гос. института с.-х. мелiorаций. 1925 г.

1) Механическим путем поднимается вода только из источника орошения до высших точек орошаемой площади, а затем отсюда распределяется обычным путем—самотечными каналами; следовательно, здесь только головное сооружение оросительной системы заменяется водоподъемной станцией.

2) Механическим путем вода не только поднимается из источника орошения, но и по напорному трубопроводу распределяется по орошаемой площади и под напором же поступает на отдельные поливные площадки. В этом случае не только головное сооружение представляет собой водоподъемную установку, но и вся оросительная сеть—проводящая и регулирующая — заменяется напорным трубопроводом, в который механически нагнетается оросительная вода. Из труб вода или выливается на почву к корням растений, как описано было выше, или же разбрызгивается из особых насадок над растениями, имитируя естественный дождь (орошение дождеванием фиг. 81).



Фиг. 81. Орошение „дождеванием“.

Для подъема воды при орошении применяются самые разнообразные механические приспособления. Эти приспособления могут быть разделены на две группы: 1—водоподъемники и 2—насосы.

Из более часто применяемых при орошении водоподъемников следует отметить следующие: 1) чигири, 2) нории, 3) самодействующие водоподъемные колеса, 4) четочные водоподъемники, 5) цепно-спиральные водоподъемники и 6) гидравлические тараны.

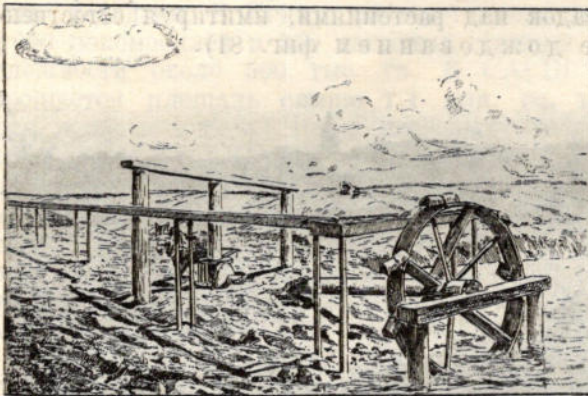
Основной тип чигирия представляет собой кустарное устройство, состоящее из большого деревянного колеса, приводимого в движение животным двигателем, с прикрепленными к его ободу

ведрами или черпаками. При вращении колеса ведра зачерпывают воду, выливают ее в желоб, а по желобу она направляется к орошаемым землям (фиг. 82), по которым распределяется обыкновенным самотечным способом.

Таким способом можно поднимать воду на небольшую высоту (2—3 м), если же нужно поднять ее выше, пользуются цепными чигирями, один из которых изображен на фиг. 83.

Размеры цепных чигирей обычно такие: высота столбов e и e_1 зависит от высоты, на какую хотят поднимать воду; длина поперечной перекладины—около 10 м; продольные брусья—8 м; диаметр колеса—3,5 м; диаметр шестерни вертикальной—1,7 м, горизонтальной—0,85 м.

Зубчатое колесо с кулачками должно иметь вдвое—втрое больше зубцов, чем шестерня с цевками. Кроме отношения диа-



Фиг. 82. Водоподъемное колесо—чигирь.

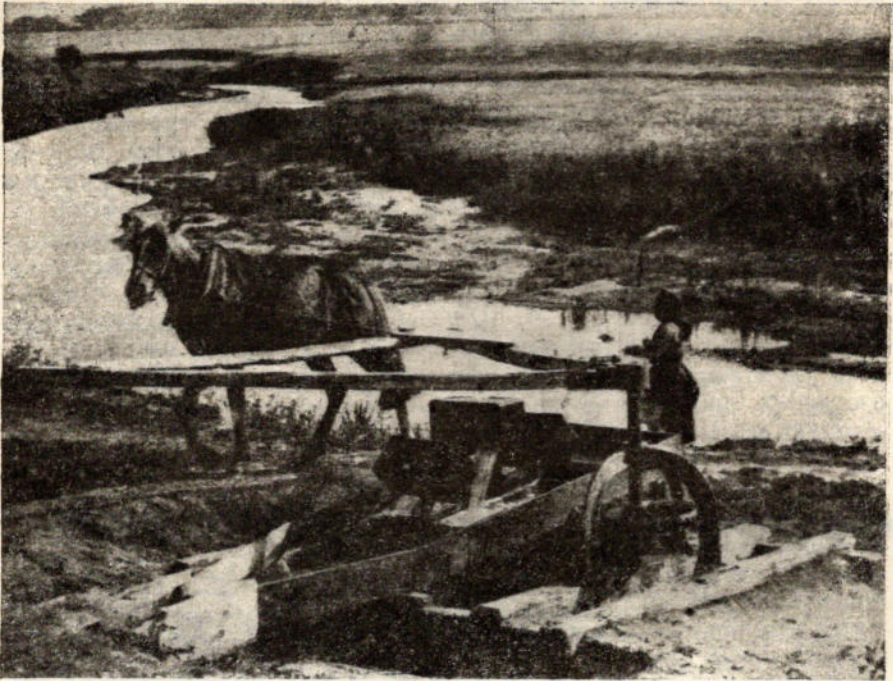
метров зубчатого колеса и шестерни, производительность чигиря зависит также от размера ведер и диаметра большого колеса—чем больше это колесо, тем подача больше. При $d=2$ м чигирь дает около 150 л/мин., а при $d=4$ м чигирь дает уже около 300 л/мин.; предельная высота,

на которую можно принимать воду чигирем, около 16 м. Стоимость чигиря (довоенная) от 150 до 450 руб., а стоимость подъема 10 м³ воды составляет: на высоту 2 м около 2,5 коп., на высоту 7 м—8,5 коп., на высоту 9 м—10 коп.

Чигири кустарного изготовления очень распространены во многих засушливых местностях СССР—Поволжья, Северном Кавказе, Крыму, Средней Азии, Сибири и пр. Они малопродуктивны, недолговечны и могут орошать лишь небольшие площади (до 5 га).

Очень похожим на чигирь, но гораздо более производительным и усовершенствованным аппаратом для подъема воды является изготовляемая целиком из металла и по правильному техническому расчету нория, изображенная на фиг. 84.

Нории поднимают воду до 25 м; для подъема больших количеств воды, они устраиваются двухбарабанными с механическим приводом, помещающимся между этими барабанами. Стоимость нории до войны составляла около 600 руб. (для конного приво-



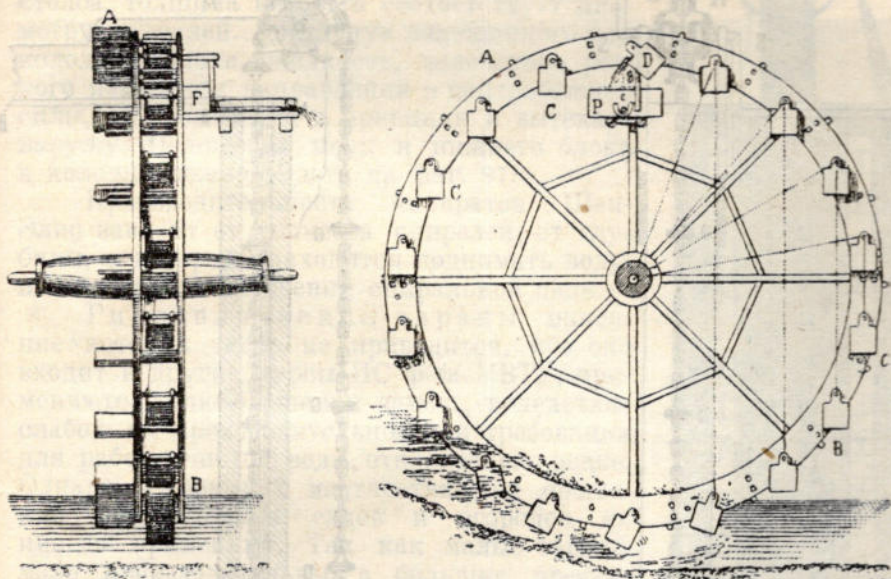
Фиг. 84. Нория.

да). Число животных, впрягаемых в привод нории, зависит от количества и высоты поднимаемой воды: оно показано в следующей табличке (по данным инж. Рытеля):

Количество поднимаемой воды литров в минуту	Высота под'ема воды в метрах					
	6	9	12	15	18	22
	Число впрягаемых животных					
110	1	1	1	—	—	—
150	1	1	1	—	—	—
200	1	1	1	2	2	2
300	1	$\frac{1}{2}$	2	3	3	4
440	2	2	3	4	4	—
600	2	3	4	—	—	—
1 200	4	—	—	—	—	—

Нории являются водоподъемными механизмами, чрезвычайно распространенными во всех странах, где только практикуется искусственное орошение. Их можно встретить в большом количестве в Египте, Алжире, Италии, Испании и на юге Франции. В последнее время перед войной они получили значительное распространение в Крыму для орошения огородов и садов и, безусловно, должны были бы получить самое широкое распространение и в других засушливых местностях СССР, как один из самых простых и, вместе с тем, весьма производительных водоподъемных приборов.

Самодельствующее водоподъемное колесо представляет собой тот же чигирь с прикрепленными к ободу



Фиг. 85. Самодельствующее водоподъемное колесо.

черпаками, но снабженный водобойными лопатками и лишенный конного привода (фиг. 85). Такое колесо устанавливается при помощи неподвижных или плавающих опор на быстро текущей реке или канале (не менее 1 м/сек) и приводится в движение силою течения, поднимая воду на высоту несколько менее своего диаметра.

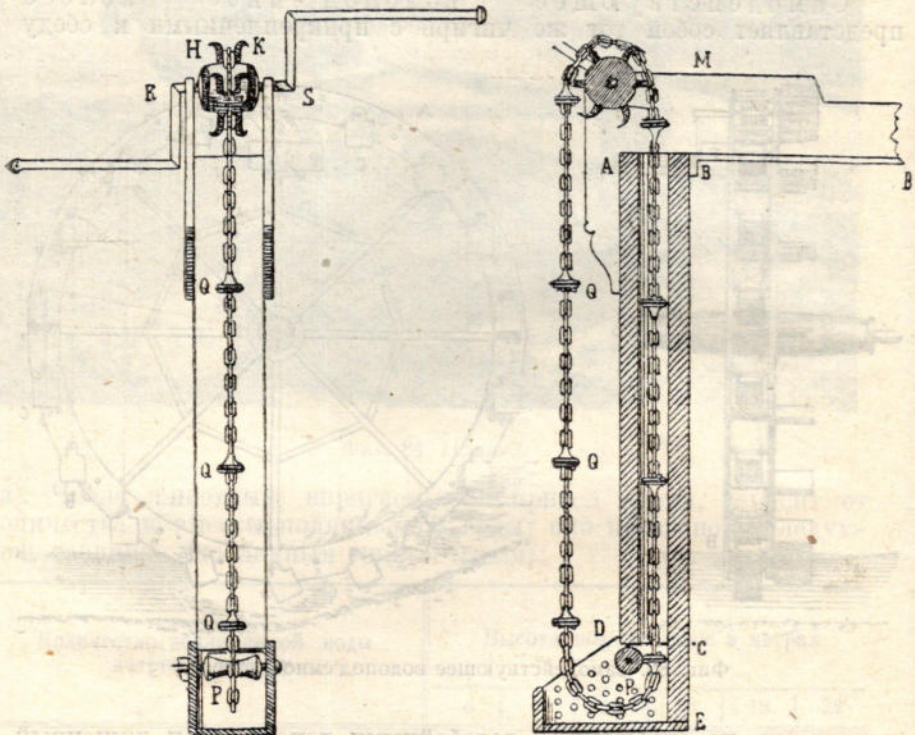
Существует целый ряд систем водоподъемных колес, различающихся, главным образом, формой лопаток, в которые ударяет вода, и водоподъемных черпаков.

Диаметр колеса с лопатками обычно делается около 4,5—5,0 м (а нередко и до 10 м); ширина колеса или длина лопаток делается не меньше 0,9 м; ширина лопаток 0,6 м; число

лопаток не меньше 12. На окружности колеса помещаются черпаки, бадьи или кувшины. В зависимости от размеров колеса поднимают от 600 до 3000 л. воды в минуту и могут в течение лета обслуживать площадь орошения от 10 до 50 га.

Коэффициент полезного действия водоподъемных колес—0,3—0,6.

К числу простейших приборов, подъем воды в которых происходит по трубам, принадлежит, так называемый, цепной, четочный или флянцевый насос (фиг. 86).



Фиг. 86. Четочный водоподъемник.

Этот водоподъемник служит для подъема воды на высоту до 5 м. Он состоит из трубы, через которую проведена цепь без конца; к цепи, на одинаковых между собою расстояниях, прикреплены диски, величиною равною отверстию трубы. Если трубу погрузить одним концом в воду и привести цепь в движение, диски захватывают воду, поднимают вверх по трубе, откуда она вытекает в желоб и может быть направлена на орошаемый участок.

Очень интересный и остроумный аппарат для подъема воды представляет собой французский цепно-спиральный или ка-

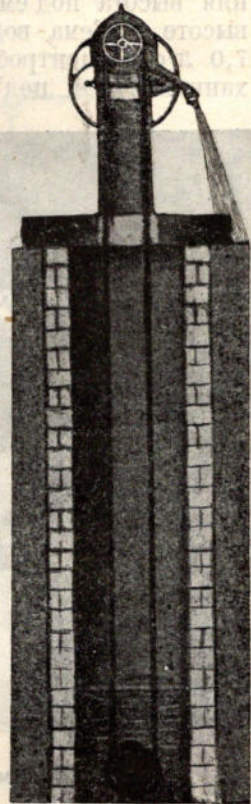
пильярный водоподъемник Шен-Элис (фиг. 87). Этот водоподъемник устроен следующим образом: на желобчатый блок, установленный над колодцем, надета бесконечная, обвитая спиралью цепь, спущенная в колодец. Для натяжения этой цепи на ней помещают внизу другой желобчатый блок (блок-баланс), свободно висящий. Цепь и спирали, окружающие ее в один или несколько рядов, сделаны из оцинкованной проволоки. При помощи зубчатой передачи блоку сообщается вращательное движение. Спирали цепи, проходя через слой воды, увлекают за собой частицы ее; вода заполняет пространство между цепью и витками спиралей и поднимается в виде водяного столба, толщина которого соответствует диаметру спиралей. Достигнув помещенного над колодцем блока, жидкость, вследствие резкого изменения направления и центробежной силы, отбрасывается в приемник и вытекает наружу. Положение цепи и нижнего блока в колодце можно видеть на фиг. 87.

Производительность аппаратов Шен-Элис зависит от диаметра спиралей, от глубины, с которой приходится поднимать воду, и от скорости движения спиральной цепи.

Гидравлические тараны, описание которых здесь не приводится, ибо оно входит в другие курсы ИС ф-та МВТУ, применяются для орошения земель, вследствие слабой их производительности и требования для работы чистой воды, относительно редко. Однако, в гористых местностях при орошении приусадебных садов и огородов их иногда применяют. Так как малые тараны мало производительны, а большие чрезвычайно дороги, то для орошения устанавливается обыкновенно несколько небольших таранов (фиг. 88), дающих достаточно воды для орошения до 10 га земли. При этом все нагнетательные трубы таранов соединяются в одну общую трубу, а ударные трубы остаются отдельными.

Из всех многочисленных систем насосов в оросительном деле наиболее часто применяются насосы центробежные¹⁾.

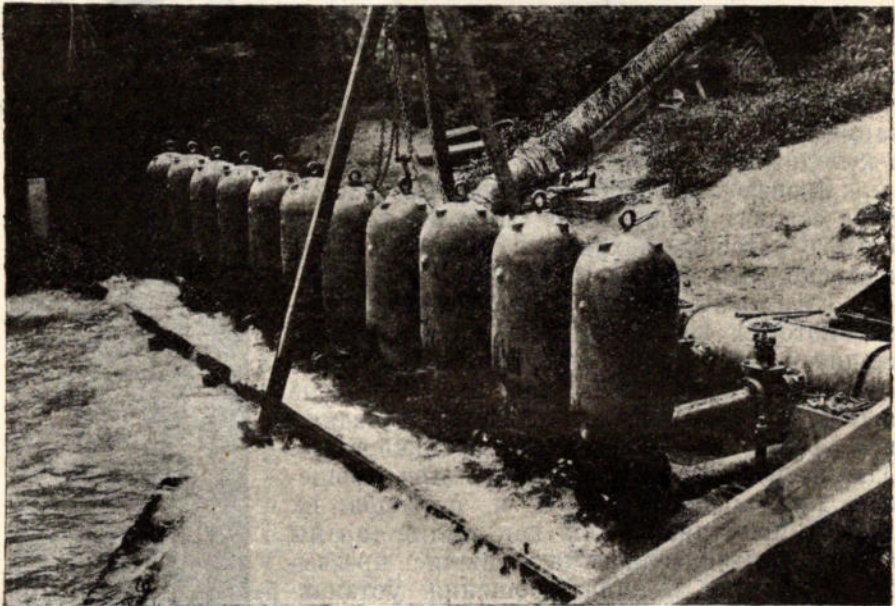
Они допускают пользование водой, содержащей значительное количество взвешенных частиц, что очень важно в ороситель-



Фиг. 87. Цепно-спиральный водоподъемник „Шен-Элис“.

1) Около 78% насосов, поднимающих воду для орошения в САСШ, относится к типу центробежных.

ном деле, дешевы, компактны, имеют мало частей, подверженных порче, просто обслуживаются, поднимают значительные количества воды. Максимальная высота под'ема воды центробежными насосами обычно около 25 м, а для малых размеров насосов— до 15 м. При под'еме воды на большую высоту ставятся многоступенные насосы. Высота под'ема в 20 м близка к тому пределу, на который обычно приходится поднимать воду при орошении. Например, в Америке для всех насосных установок средняя высота под'ема воды составляет 41 фут, т. е. 12,3 м. При высоте под'ема воды не более 20 м и подаче воды не меньше 7,0 л/сек—центробежный насос считается одним из лучших механизмов для под'ема воды.



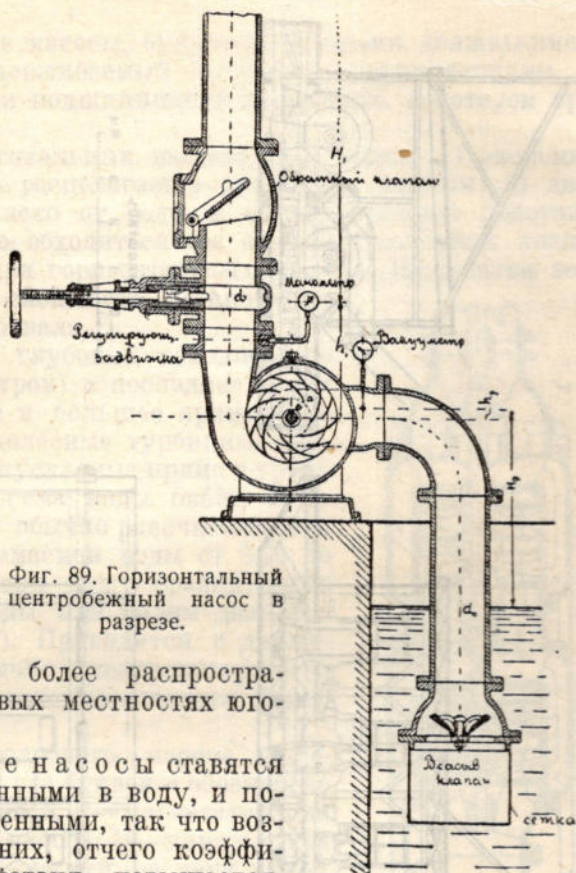
Фиг. 88. Под'ем воды для орошения гидравлическими таранами.

В орошении применяются оба типа центробежных насосов: как горизонтальный, в котором вал имеет горизонтальное положение, а лопастное колесо — вертикальное, так и вертикальный тип, в котором вал насоса имеет вертикальное положение, а колесо—горизонтальное.

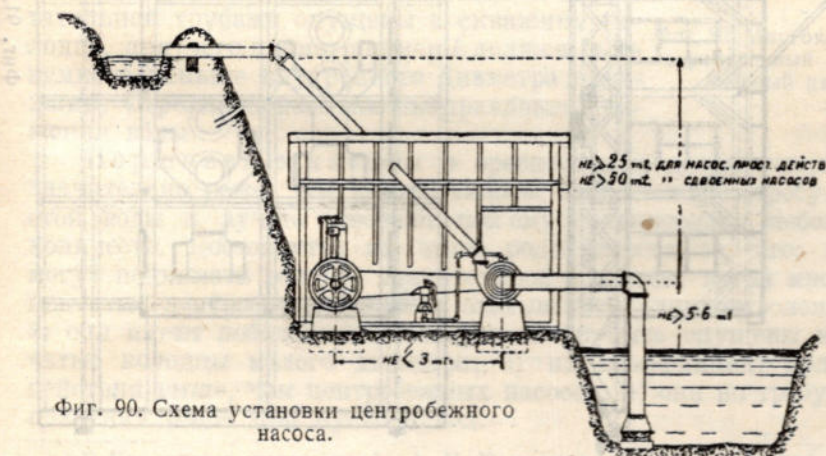
Схема установки горизонтальных насосов показана на фиг. 89 и 90. В тех случаях, когда воду для орошения приходится поднимать в значительном количестве из реки с неустойчивыми берегами и изменчивым уровнем, насосы устанавливают вместе с двигателями на плавающих барках, вода же нагнетается в канал по нагнетательным трубам с гибкими соединениями (фиг. 91).

Для правильной работы центробежного насоса чрезвычайно важно надлежащее согласование его с двигателем, который должен давать большое число оборотов в единицу времени (до 2,000 в минуту). Поэтому центробежные насосы, применяемые в оросительном деле, обыкновенно приводятся в действие двигателями паровыми, электрическими или внутреннего сгорания. Последние, главным образом, для небольших орошаемых участков, все более и более распространяющихся в засушливых местностях юго-востока.

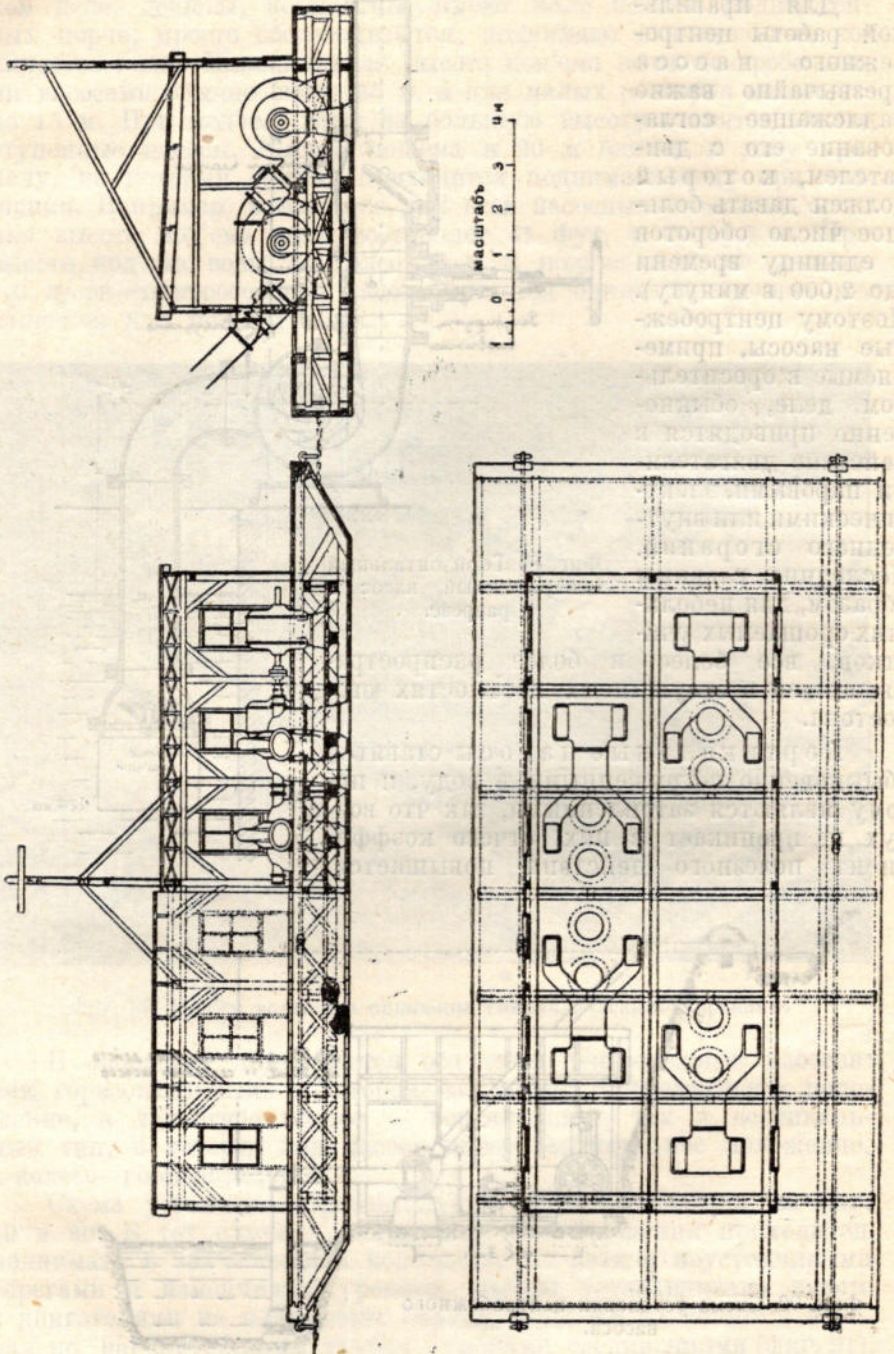
Вертикальные насосы ставятся обыкновенно погруженными в воду, и потому являются затопленными, так что воздух не проникает в них, отчего коэффициент полезного действия повышается.



Фиг. 89. Горизонтальный центробежный насос в разрезе.



Фиг. 90. Схема установки центробежного насоса.



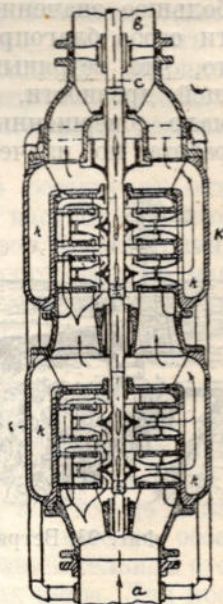
Фиг. 91. Водоподъемная станция на плавучей барке.

Однако вертикальные насосы, будучи подвесными, должны иметь длинный вал, поддерживаемый особыми направляющими, и сложной конструкции подшипники и подпятник, в котором вращается вал.

Достоинства вертикальных насосов следующие: 1) экономия места, ибо двигатель располагается прямо над насосом; 2) двигатель находится далеко от воды и не подвергается действию сырости; 3) возможно обходиться без обратных запорных клапанов, что неизбежно при горизонтальных насосах. Недостатки вертикальных насосов: сложность установки и наличие длинного вала ¹⁾.

Для трубчатых глубоких колодцев (не меньше 30 см диаметром) в последнее время находят все большее и большее применение вертикальные многоколесные турбинные центробежные насосы, опускаемые прямо в трубу колодца. Высота подема воды около 75 м. Размеры этих насосов обычно рассчитываются на количество поднимаемой воды от 2,25 до 13,5 м³/мин., т. е. они дают сравнительно большие расходы воды при малом диаметре колодцев (30—75 см). Приводятся в движение эти насосы обычно электромоторами с вертикальной осью, которые ставятся прямо над скважиной.

Конструкция подобного насоса представлена на фиг. 92, где буквой *a* обозначена всасывающая, а буквой *b* — нагнетательная труба насоса; *c* — вал насоса; *kk* — камеры двух насосов, состоящих каждый из двух колес. Эти камеры вместе с всасывающей и нагнетательной трубами опущены в скважину колодца, для чего диаметр камер *k* должен быть немного меньше внутреннего диаметра скважины. Стрелки показывают направление движения воды.



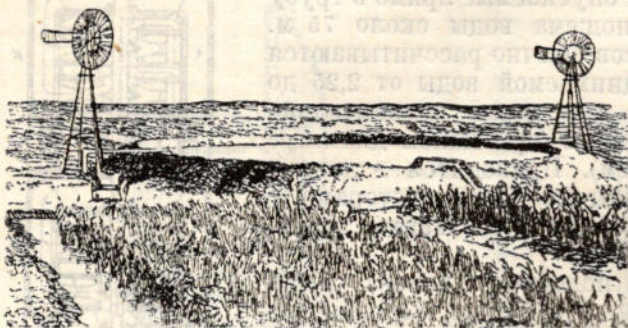
Фиг. 92. Многоколесный вертикальный центробежный насос.

Поршневые насосы в оросительном деле применяются значительно реже, чем центробежные. Они сложнее, требуют чистой воды и лучше отвечают подему сравнительно небольших количеств. Достоинства же этого рода насосов те, что: 1) они могут поднимать воду со значительной глубины, когда многоступенчатые центробежные насосы оказываются слишком сложными; 2) они имеют небольшой диаметр и могут быть опущены в трубчатые колодцы малого диаметра; 3) их коэффициент полезного действия выше, чем центробежных насосов; 4) они не требуют наполнения водой при пуске в ход.

¹⁾ По данным книги проф. А. Н. Костякова „Основы мелиорации“. Изд. 1927 г.

Поршневые насосы, применяемые при орошении, приводятся в движение чаще всего ветряными двигателями. Они обыкновенно поднимают воду из колодцев для орошения небольших участков земли в степных местностях, в целях борьбы с засухой (оазисное орошение). Такие установки особенно развиты в полузасушливых штатах Северной Америки. Так, например, общая мощность ветряных двигателей, применяемых для орошения в САСШ, увеличилась за время с 1910 по 1920 г. в семь раз.

Использование энергии ветра для орошения вообще имеет большое значение, а в наших засушливых районах может найти особо благоприятные для себя условия. Однако, несмотря на то, что ветряными двигателями люди пользуются с глубочайшей древности, все же ветросиловые установки являются еще мало совершенными и сейчас и в Европе, и в Америке идет работа по изучению как наиболее совершенных типов ветря-



Фиг. 93. Ветряная водоподъемная установка с резервуаром.

ных двигателей, так и методов рационального проектирования ветросиловых установок. У нас в этом направлении надо отметить работы Центрального Аэрогидродинамического Института (ЦАГИ), которым сконструированы новые типы ветряных двигателей.

Несмотря на возможность использовать таким образом для подъема воды бесплатную энергию ветра, применение ветряных двигателей непосредственно для орошения сколь-либо значительных участков весьма затруднительно, во-первых, потому, что ветряной двигатель дает слишком ничтожный поток воды, а во-вторых, потому, что этот поток находится в полной зависимости от такой непостоянной силы, как ветер.

Поэтому, при ветряных двигателях для орошения обязательно должны устраиваться резервуары или бассейны (фиг. 93), в которых должно запасаться столько воды, сколько накачивается в промежутке между двумя поливами.

Резервуары для собирания воды ветряным двигателем устраиваются большей частью путем ограждения земляной насыпью участка земли, возвышающегося над орошаемым угодьем. Лучше делать резервуары круглые, короткая линия берегов которых уменьшает потери от просачивания. Кроме того, при такой

форме менее разрушительно действуют на берега волны. Глубина воды в резервуаре обыкновенно допускается около $1\frac{1}{2}$ м.

Главным условием хорошего резервуара является тщательное устройство его берегов. При насыпке дамб обязательно устраивается замок. Канавы для этого замка роются глубиной не менее 0,3 м и шириной около 0,6 м. Она заполняется глиной с тщательной утрамбовкой и поливкой. Точно так же с утрамбовкой и поливкой насыпается и вся насыпь, образующая берега резервуара.

При устройстве земляных берегов резервуаров водные откосы делаются обыкновенно тройными, наружные же могут быть и одинарными. Верхняя поверхность насыпи делается шириной от 1 до $1\frac{1}{2}$ м. Поверхности как откосов, так и верхней площадки полезно одернить или же засеять травой для избежания размыва дождями.

Для достижения водонепроницаемости дно резервуара очищается от растительной земли, вместо которой настилается слой жирной глины толщиной в несколько сантиметров. На эту глину напускается немного воды, чтобы образовать тестообразную массу. После этого для утрамбования этой массы на дно резервуара пускается скот или овцы, которые держатся там в продолжение не менее недели, а еще лучше месяца, при чем тут же на дне можно установить кормушки, а берега резервуара обнести временной изгородью.

Для выпуска воды из резервуара применяются разного рода выпускные трубы—деревянные или из оцинкованного железа.

Для избежания потери воды из резервуара, вследствие испарения, берега его с внутренней стороны бывает полезно обсадить тенистым ивовым кустарником, который в значительной степени предохраняет резервуар от вредного действия ветра. Для предохранения внутренних откосов резервуара от размывающего действия волн полезно устроить в расстоянии 1 м от берега защиту из плавающих досок или старых шпал. Такая защита устраивается или вдоль всех берегов, или только вдоль берегов, расположенных против господствующего ветра.

Если желательно сделать резервуар совершенно водонепроницаемым, то дно его и внутренние откосы берегов покрываются одеждой из бетона, составленного из одной части цемента, двух частей песка и трех частей щебня. Поверх этого бетона полезно бывает произвести оштукатурку раствором из 3 частей цемента и 2 частей песка.

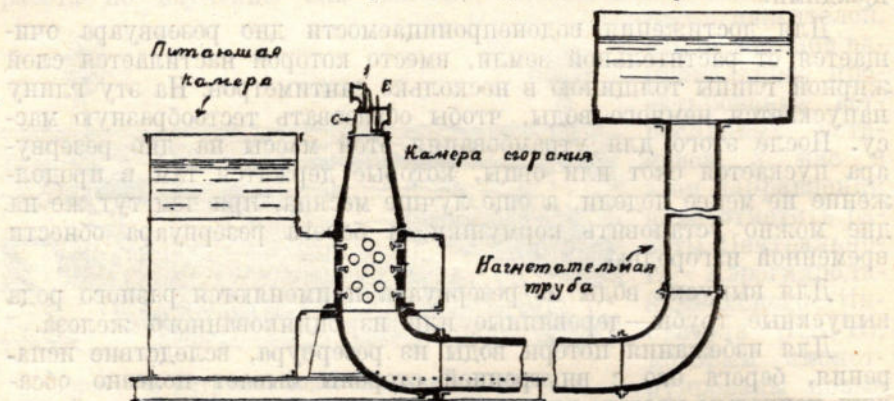
Ветряные двигатели для орошения в СССР применяются еще очень мало, но они очень распространены в САСШ, в которых много местностей по климату очень похожих на наши засушливые области.

Ветряные двигатели для орошения применяются в Америке большей частью небольшого размера—от 2 до 4 м в диаметре. Та-

кими двигателями, при соответствующих резервуарах, там орошают участки от 2 до 10 акров (от $\frac{3}{4}$ до $3\frac{1}{2}$ га) в зависимости от высоты подъема воды. Более крупных установок американцы избегают. В случае желанья оросить более земли, они предпочитают ставить вторую установку.

Ветряные двигатели в Америке в громадном большинстве случаев поднимают воду из колодцев, при чем колодцы шахтные предпочитают буровым, так как дают больший приток воды. Если же приходится пользоваться буровыми колодцами, они должны быть шириною не менее 25 см и давать в час не менее 2 500 000 л, так как иначе ветряной двигатель будет слишком понижать уровень воды в них.

Наиболее выгодным для ветряного двигателя считается подъем воды с глубины до 8 м, допустимой является глубина до 20 м, подъем же более глубоких вод считается уже невыгодным,



Фиг. 94. Схема устройства водоподъемника Humphrey.

хотя в Америке можно встретить установки, поднимающие воду даже с глубины до 60 м, но это только в случае особенно доходных культур, какими могут быть только плодовые сады с высокосортовыми фруктами.

В последнее время на оросительных системах Египта, Австралии, Индии и других стран стал применяться особый газовый водоподъемник системы Humphrey, являющийся одновременно и двигателем внутреннего сгорания и насосом (фиг. 94). Горючая смесь здесь вводится в самый насос и газы действуют своим давлением непосредственно на воду, находящуюся в насосе. Поэтому, ряд промежуточных механизмов между газом двигателем и столбом воды насоса, существующий в обычных установках, в системе Humphrey отсутствует, отчего вся конструкция приобретает простоту и прочность: кроме клапанов в системе нет других движущихся частей, отчего коэффициент полезного действия насоса довольно высок и потребление топлива очень

экономно. Как показали испытания, насосы Humphrey потребляют угля на 1 ЛС в час: большие (250 ЛС) около 0,45 кг и малые (125 ЛС) около 0,40 кг, т. е. дают экономии в топливе до 60% сравнительно с лучшими паровыми насосами, потребляющими 0,73—0,90 кг угля на 1 ЛС в час¹⁾.

XVII. Стоимость и рентабельность искусственного орошения.

Стоимость устройства ирригационных систем, в расчете на каждую фактически орошаемую единицу площади (гектар), может быть самой разнообразной—от нескольких десятков рублей до нескольких сотен, в зависимости от размеров орошаемой площади и того или иного оборудования системы. К сожалению, точных сведений о стоимости ирригационных устройств в главнейших орошаемых районах СССР почти не имеется—большинство этих устройств было сооружено самим населением много лет тому назад без всякого учета стоимости. Нет также сведений и о стоимости эксплуатации их, так как до самого последнего времени эта эксплуатация велась натуральной повинностью населения. Из заграничных данных в этом отношении безусловно лучшими являются данные американские (САСШ), полученные во время переписей (переписей населения). По данным последнего переписи 1920 г., общая средняя стоимость устройства ирригации на 1 га составляет 128,70 руб. довоенных, доходя в отдельных случаях до 800 руб. В частности средняя стоимость орошения 1 га при выводе воды из рек самотеком составляет 109,50 руб., при подъеме из рек насосами—134,44 руб., при отводе воды из самоизливающихся колодцев—177,20 руб. и при выкачивании воды из колодцев насосами—220,00 руб.²⁾ По тем же американским данным стоимость эксплуатации на 1 га в год составляет в среднем 11,66 руб. В частности, при выводе воды из рек самотеком—6,00 руб. при подъеме воды насосами из рек—30,12 руб., при выводе из фонтанирующих колодцев—13,22 руб. и при выкачивании воды из колодцев насосами—48,33 руб. Эти цифры наглядно указывают на наибольшую выгодность устройства ирригационных систем с выводом воды из рек самотеком, что и объясняет наибольшую распространенность этого способа как в орошаемых районах САСШ, так и в Средней Азии и Закавказье, обладающих особо благоприятными для этого условиями. К сожалению, равнинные местности засушливых районов Поволжья и юга Украины не благоприятствуют такому способу вывода воды, почему там должен преобладать способ искусственного подъема, более дорогой, а, следовательно, и менее рентабельный, особенно

¹⁾ По данным книги проф. А. Н. Костякова „Основы мелиорации“. Изд. 1927 г.

²⁾ См. статью проф. Е. Е. Скорнякова „Анализ американских статистических данных по искусственному орошению“ в Трудах Гос. института с.-х. мелиораций за 1925 г.

принимая во внимание невозможность таких ценных культур, как хлопок, рис и пр.

Приведенные цифры относятся к тем способам орошения (самотечного или механического), когда оросительная вода подводится к корням растений, не смачивая их вегетативных органов (стеблей и листьев). Что же касается орошения дождеванием (фиг. 81 на стр. 75), то стоимость его значительно выше. По американским данным устройство такого орошения обходится в среднем около 1 500 руб., а ежегодные эксплуатационные расходы около 180 руб. на га.

Рентабельность ирригационных сооружений определяется теми условиями сельского хозяйства, которые становятся возможными после устройства искусственного орошения. Пустыни Средней Азии, получающие менее 250 мм атмосферных осадков в год, в своем естественном виде являются пригодными только для пастбы скота и то только весной, когда на них еще сохраняется немного влаги после зимы, в остальное же время они остаются совершенно безжизненными. Между тем, эти же земли после устройства искусственного орошения дают в среднем с гектара по 1 000 кг хлопка-сырца (320 кг чистого волокна) по 3—4 руб. довоенных за 16 кг, по 2 000—3 200 кг риса, до 1 300 кг люцернового сена, до 1 600 и более кг пшеницы и пр. В местностях менее засушливых, каковы Поволжье, Северный Кавказ и южная Украина, искусственное орошение значительно увеличивает урожай зерновых хлебов, как видно из нижеследующей таблицы, составленной по данным проф. Н. С. Фролова для Новоузенского уезда Саратовской губ.

Название хлебов	Урожай в пудах зерна на 1 га.					
	Хороший год		Средний год		Плохой год	
	Орошен.	Неорошен.	Орошен.	Неорошен.	Орошен.	Неорошен.
Пшеница	95	68	50	33	27	9
Ячмень	122	78	54	32	27	10
Овес	135	86	60	32	27	12
Просо	108	72	54	36	27	13

В таких местностях без искусственного орошения ни огородные, ни садовые культуры невозможны, при орошении же по данным проф. Н. С. Фролова они дают следующие урожай с гектара: картофель 16,380 т, капуста 40,950 т, яблоки 6,060 т, груши 4,095 т и т. п.

Лучшим показателем рентабельности ирригационных устройств могут служить нижеследующие данные статистического обследования ирригационного дела в САСШ с 1890 по 1920 г.:

	К 1890 г.	К 1900 г.	К 1910 г.	К 1920 г.	Прирост в процентах за 30 лет
Число орошаемых хозяйств . .	54 136	113 839	162 723	231 54	327,7
Площадь фактически орошаемых земель .	1 512 313	3 151 988	5 874 346	7 811 027	416,5
Капитал в руб., затраченный на ирригацию .	57 738 816	136 870 711	628 442 570	1 363 920 076	2 262,2

Такой рост ирригационного дела указывает определенно на его выгодность.

Приведенные в настоящей главе цифры стоимостей устройства орошения дают размеры расходов только на технические устройства (проведение каналов и постройка сооружений). Кроме этих стоимостей, при расчете выгоды и рентабельности устройства орошения в отдельных случаях приходится принимать во внимание также и стоимости подготовки земель к восприятию оросительной воды. Эти расходы могут быть также весьма значительными, а именно: стоимость расчистки от дикой растительности около 25 руб. на га, стоимость раскорчевки (если земля покрыта лесом) — до 250 и даже до 750 руб. и стоимость планировки — до 375 руб. на га. Поэтому устройство орошения в ровных степных местностях всегда выгоднее и скорее окупается, нежели в местностях неровных и, в особенности, заросших кустарником и деревьями.

VIII. Изыскания и исследования, необходимые для составления проекта ирригационной системы.

Составлению проекта каждой крупной ирригационной системы в местностях, мало обследованных и изученных, каковыми являются большинство засушливых местностей СССР, должно предшествовать производство основательных и разносторонних обследований и изысканий.

Прежде всего должен быть выяснен климат местности, в которой предполагается устроить искусственное орошение, в целях определения возможности тех или иных культур и потреб-

ности их в оросительной воде. Если в местности уже имеется ряд метеорологических станций, то пользуются данными их наблюдений, по возможности, за более продолжительный срок. Если же таких станций нет, их необходимо организовать во всех местах, предположенных к орошению площадей, где можно рассчитывать на вариации климата. На этих станциях производится наблюдения за температурой, осадками, испарением, влажностью, облачностью и ветрами, а также, попутно, за барометрическим давлением и другими метеорологическими элементами, интересными с общенаучной точки зрения. В результате нескольких лет наблюдений выясняются естественные условия увлажнения местности и та или иная необходимость в применении искусственного орошения. Вместе с тем определяется длина безморозного периода, а также сумма температур за этот период, что дает возможность судить о возможности культуры тех или иных растений, а, следовательно, и о рентабельности затрат на ирригацию. Если предполагается необходимость в устройстве водохранилищ, то метеорологические наблюдения должны быть организованы не только на предположенных к орошению площадях, но также в верховьях рек, источников будущего орошения, на их водосборных площадях. Здесь должно быть обращено особое внимание на осадки и, в частности, на снеговой покров.

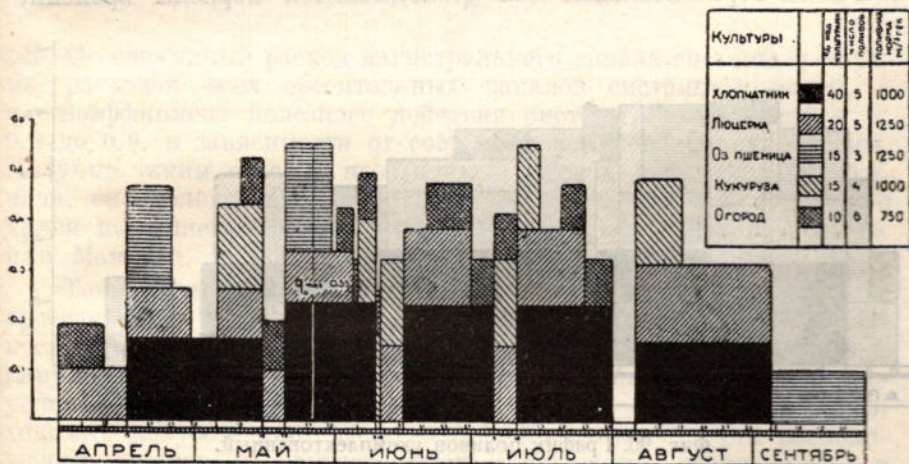
Рядом и одновременно с наблюдениями метеорологическими должны быть организованы обследования гидрологические для выяснения водных запасов и режимов всех водных источников, могущих служить для ирригации данного района. Для этого на реках устанавливаются, по возможности, в местах намечаемых головных сооружений будущих каналов, а также водохранилищ, гидрометрические станции и посты, на которых производятся наблюдения за колебанием уровня не менее трех раз в день, а также измеряются расходы воды в обыкновенное время по несколько раз в месяц, а во время паводков—ежедневно. Одновременно с определением расходов берутся пробы воды для определения наносов и химического ее состава в смысле содержания питательных веществ (извести, азотистых соединений, калия и фосфорной кислоты), а также солей, могущих оказаться вредными для почвы и растений. Эти наблюдения дадут сведения о количествах воды, могущей быть использованной во время ирригационного периода, а, следовательно, и о площади могущих быть орошенными земель из данного водного источника.

Когда уже получены некоторые предварительные данные о климатических и гидрологических условиях предполагаемых к орошению районов, приступают, пользуясь имеющимися картами к рекогносцировочным изысканиям в целях определения общего топографического строения местности, для общего выяснения границ возможных к орошению площадей и ориентировочного направления магистральных каналов. В засушливых районах Средней Азии и Кавказа, отличающихся резко выражен-

ным рельефом, большую пользу при этом может оказать барометрическое нивелирование.

Одновременно с производством рекогносцировочных топографических изысканий производятся таковые же геоботанические обследования, на основании которых получают предварительные сведения о пригодности почв в данной местности для орошения и культуры.

Когда выяснены в общих чертах климатические, гидрологические, топографические и почвенные условия местности и определены приблизительно возможные к орошению участки, можно приступить к производству детальных изысканий для составления проектов орошения тех участков, которые оказались лучшими в климатическом и почвенном отношении и для орошения которых достаточно воды в водных источниках.

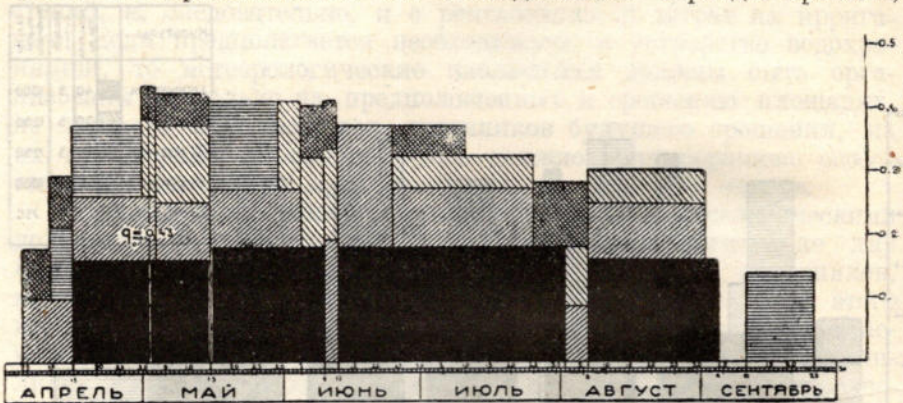


Фиг. 95. График поливов неукomплектованный.

Детальные изыскания заключаются прежде всего в производстве подробной с'емки и нивелировки участков, намеченных под орошение, с предварительной триангуляцией, в масштабе $1/10\ 000$ или $1/5\ 000$ для получения планов в горизонталях через 1 или 2 м, в зависимости от сложности рельефа. Одновременно с производством этой с'емки производятся детальные почвенные исследования ходовыми линиями со взятием почвенных образцов. Эти линии и места взятия образцов заснимаются, и в результате получается подробная почвенная карта в масштабе с'емки. Если требуется, также составляется и геологическая карта с указанием грунтовых вод и выяснением местонахождения пород, пригодных как строительные материалы.

После этого на плане местности в горизонталях намечается уже точное направление возможных магистральных каналов и определяются площади могущих быть орошенными земель.

Пока производятся эти работы, на особо избранных участках местностей, предположенных к орошению, организуются, так называемые, гидромодульные исследования, заключающиеся в опытах по орошению культур на особых орошаемых делянках, для орошения которых вода добывается из ближайшего водного источника—реки, пруда или колодца. В результате выясняются наиболее желательные в данной местности севообороты, поливные нормы в смысле сроков поливов и количества воды для орошения одного гектара разных культур, отношение данных почв к оросительной воде, потребности в дренаже и пр. На основании этих данных составляются, так называемые, графики поливов (фиг. 95) для каждого данного севооборота. Для этого по горизонтальной оси откладываются периоды времени,



Фиг. 96. График поливов укомплектованных.

в продолжение которых должен производиться каждый полив данной культуры, а на вертикальной—секундные расходы воды, необходимые для этих поливов по формуле:

$$q = \frac{m}{t \cdot 86400},$$

где m — общая поливная норма в куб. метрах воды на один гектар, t — период полива данной культуры в сутках, а 86 400—число секунд в одних сутках. В результате нанесения на график секундных расходов, необходимых для полива всех культур, получается возможность определить общий секундный расход, необходимый для поливов всей орошаемой площади в продолжение всего ирригационного периода. Так как на таких графиках часто получаются очень высокие пики, вызывающие большие рас-

ходы каналов на короткие промежутки времени, и провалы, когда каналы должны совершенно пустовать, то обыкновенно первоначально выработанный график укомплектовывается (фиг. 96) со смягчением пиков и провалов, однако, по возможности, без ущерба для фаз развития растений. Укомплектование графика поливов производится, по возможности, так, чтобы в результате он получился более или менее параллельным кривой режима источника орошения.

График поливов дает необходимый секундный расход воды данной ирригационной системы у места потребления ее на полях. Для получения расхода подачи воды в головной части системы необходимо разделить расход, определенный по графику поливов, на коэффициент полезного действия системы. Тогда

$$Q = \frac{q}{\eta},$$

где Q —секундный расход магистрального канала системы, q —сумма расходов всех оросительных каналов системы у полей, а η —коэффициент полезного действия системы, колеблющийся от 0,2 до 0,9, в зависимости от состояния каналов данной системы. Получив таким образом необходимый расход магистрального канала, определяют все необходимые его элементы и в том числе уклон по вышеприведенным формулам Гангюлле-Куттера, Базена или Манинга.

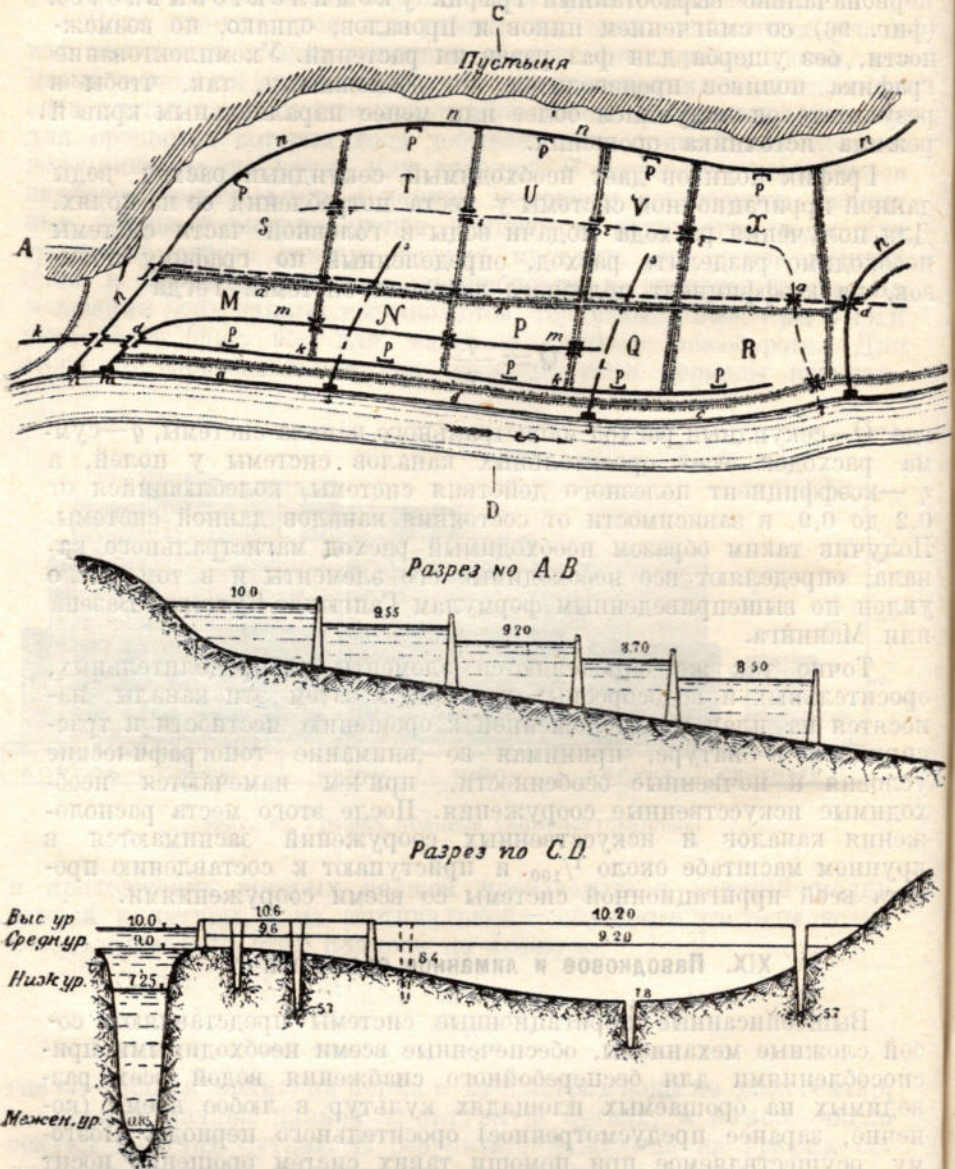
Точно так же определяются элементы распределительных, оросительных и водобросных каналов, а затем эти каналы наносятся на план предположенной к орошению местности и трассируются в натуре, принимая во внимание топографические условия и почвенные особенности, причем намечаются необходимые искусственные сооружения. После этого места расположения каналов и искусственных сооружений заснимаются в крупном масштабе около $1/100$ и приступают к составлению проекта всей ирригационной системы со всеми сооружениями.

XIX. Паводковое и лиманное орошения.

Вышеописанные ирригационные системы представляют собой сложные механизмы, обеспеченные всеми необходимыми приспособлениями для бесперебойного снабжения водой всех разводимых на орошаемых площадях культур в любое время (конечно, заранее предусмотренное) оросительного периода. Поэтому, осуществляемое при помощи таких систем орошение носит название постоянного, регулярного или правильного.

В противоположность этим системам существуют другие оросительные системы, которые дают возможность производить орошение только однажды в год во время паводкового периода рек.

или иных источников орошения. К числу таких систем относятся древние паводковые системы орошения Египта (бассей-



Фиг. 97. Египетское орошение „бассейнами затопления“.

ны затопления), работавшие еще при фараонах и действующие до настоящего времени, главным образом, в Верхнем Егип-

те, а также системы, так называемого, лиманного орошения, применяемого в целях борьбы с засухой на юго-востоке Европейской части СССР.

Схема современного египетского орошения при помощи бассейнов затопления представлена на фиг. 97. Долина между рекой Нилом и пустыней продольной дамбой $a^1b^1c^1$ разделяется на два яруса: верхний $MNPQR$ и нижний $STUVX$. Каждый из этих ярусов в свою очередь поперечными дамбами разделяется на ряд отдельных бассейнов ($STUPR$ и т. д.). В этих поперечных дамбах в пониженных местах рельефа устроены шлюзы-регуляторы (обозначены буквой r), соединяющие между собой отдельные бассейны и служащие для опораживания бассейнов и регулирования горизонта воды в них.

Верхний ярус бассейнов ($MNPQR$) получает воду при помощи канала kk , в дамбах коего устраиваются выпускные шлюзы p для наполнения каждого бассейна. Канал kk забирает воду из реки во время высоких вод через соответствующий головной регулятор. Чтобы ускорить наполнение бассейнов, иногда устраивают второй канал mm , который может работать при более высоких паводках, нежели канал kk , имея голову, заложенную на более высоком уровне (m); из регулятора m в высокие паводки можно питать непосредственно канал kk .

Нижний ярус бассейнов ($STUVX$) получает воду при помощи канала nn , который имеет голову, расположенную ниже головы канала kk . Этот канал nn , смотря по рельефу долины, проводится или по тому направлению, как показано на чертеже, или же вдоль разделительной дамбы $a^1b^1c^1$, с низовой ее стороны (показано пунктиром). В дамбах этого канала также делаются выпускные шлюзы для каждого бассейна (обозначены буквами p).

Для обеспечения нормального горизонта воды в бассейнах при различных паводках в реке, приходится иметь не одну, а две—три системы водопроводных каналов, головы коих заложены на разных уровнях. При самых высоких паводках на реке вода вводится в бассейны при помощи добавочных каналов ss , головы которых заложены не так далеко вверх по реке, как головы основных каналов, питающих бассейны при средних и низких паводках.

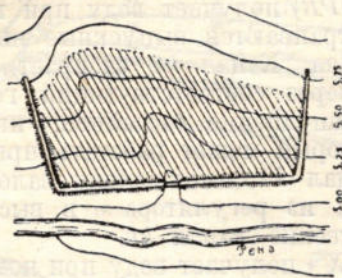
При пересечении одних каналов с другими ставятся акведуки a и дюкеры d . Ряд бассейнов каждого яруса образует цепь бассейнов, связанных между собой соединительными шлюзами.

Для опораживания бассейнов от воды в нижнем бассейне каждой серии делается сбросной шлюз r , при помощи которого всю воду из бассейнов можно сбросить обратно в реку, в периоды низкого стояния уровня воды в ней.

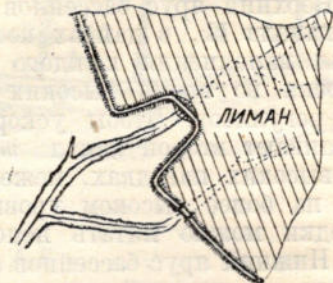
Со стороны реки верхний ярус бассейнов ограждается продольной дамбой abc , защищающей орошаемую местность от затопления рекой в самые высокие паводки.

Разность уровней воды в бассейнах поддерживается от 0,30 до 0,60 м. Глубина затопления их делается не меньше 0,30 м, в среднем же колеблется от 0,75 до 1,50 м, в зависимости от размеров бассейнов, которые в Египте делаются очень большими (до 20 000 га). Сообразно этому, и нормы затопления на гектар доходят до 15 000 м³.

Каналы, приводящие воду в бассейны, должны быть так рассчитаны, чтобы они могли проносить на поля весь тот ил, который поступает в них из реки во время паводка, с тем чтобы этот ил отлагался в бассейнах. Для этой цели, по наблюдениям инж. W. Willcocks, средняя скорость течения воды должна быть не меньше 0,65—0,70 м/сек. Ширина по дну и глу-



Фиг. 98. Схема продольного лимана.



Фиг. 99. Схема поперечного лимана.

бина водопроводящих каналов делается в зависимости от расхода, при чем в Египте первая обычно колеблется от 7 до 20 м, а вторая от 1 до 2,5 м. Гребень дамб, ограждающих каналы, делается выше уровня воды в канале на 0,5—1,0 м. Речные дамбы, защищающие долину от затопления, закладываются на берегу, на расстоянии 40—100 м. от реки, и берег в опасных местах защищается шпорами от подмыва рекой.

Ширина дамб по верху делается от 1,25 до 5,0 м, откосы от полуторных до тройных, в зависимости от качества грунта.

Наполнение бассейнов в Египте начинается обычно в августе, когда содержание ила в Нильской воде достигает максимума, при этом с целью осаждения в бассейнах возможно больших количеств ила вода пропускается через бассейны в большом количестве и с очень малой скоростью. Наполнение бассейнов продолжается в течение 40—50 дней, затем около недели бассейны держатся заполненными водой и в начале октября начинается спуск воды обратно в реку. Расход канала на наполнение бассейнов принимается не меньше 6,0—7,5 л/сек на гектар площади бассейна. В последнее время орошение бассейнами затопления в Египте все более и более вытесняется более совершенными системами постоянного орошения.

Лиманное орошение применяется обыкновенно в засушливых местностях юго-востока РСФСР и УССР при отсутствии постоянных водных источников и невозможности по топографическим условиям устройства водохранилищ, при помощи которых можно было бы организовать регулярное, постоянно действующее орошение. Такое лиманное орошение ¹⁾ состоит в том, что поверхность земель, назначенных для орошения, окружается с низовых своих сторон валами или дамбами, которые задерживают стекающие по этой поверхности весенние талые воды. Когда почва лимана достаточно увлажнится и вода отложит содержащийся в ней ил, излишнюю воду спускают из лимана через специально устроенные в дамбах водоспуски или через особые водообходы.

Лучший уклон местности для устройства лиманного орошения составляет от 0,002 до 0,001 и меньше.

Существует несколько видов лиманного орошения. Все эти виды, по способу получения воды, можно разделить на следующие три категории.

I. Лиманы наполняются непосредственно талой снеговой водой, стекающей с вышележащего водосбора. Это, так называемые, лиманы непосредственного наполнения. Эта категория лиманов в свою очередь разделяется на два типа:

а) лиманы продольные, у которых главная дамба расположена параллельно оси тальвега, т. е. вдоль одного из берегов оврага, речки, балки (фиг. 98) и

б) лиманы поперечные, у которых главные дамбы расположены перпендикулярно оси тальвега, т. е. пересекают плоскую часть долины поперек, переходя тальвег более высокой насыпью или земляной плотиной (фиг. 99).

Могут быть и комбинированные лиманы, когда часть площади имеет поперечные дамбы, а часть — продольные.

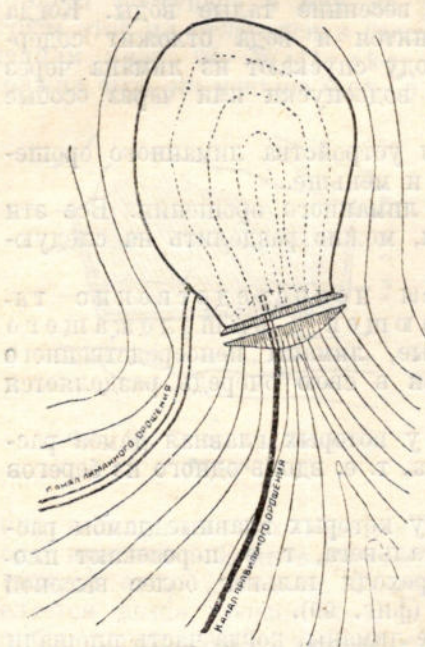
II. Лиманы наполняются водой из водохранилищ при помощи особого водоспускного канала или через водообход (фиг. 100 и 101), служащий водосливному отверстию при водохранилище.

В этом случае на балке строится плотина, поднимающая воду на требуемую высоту, и из пруда через водообход или особым каналом, служащим водосливному для пропуска излишних весенних вод, полая вода (целиком или частью) сбрасывается не в балку, а на обвалованный участок или лиман, а та, что не вмещается в лимане, сбрасывается ниже в балку. Такой способ применяется в тех случаях, когда удобная для лиманного орошения площадь расположена высоко над дном тальвега. Этот способ выгоден в том отношении, что позволяет

¹⁾ Описание лиманного орошения почти полностью заимствовано из книги проф. А. Н. Костякова „Основы мелиораций“. Москва, 1927 г.

частично использовать избыточную весеннюю воду, которая иначе пропадает бесполезно, сбрасываясь через водослив при плотине.

При таких условиях, следовательно, воды, запасенные в водохранилище, используются на правильное орошение нижележащего склона балки; воды же, не вмещающиеся в пруде и подлежащие сбросу, идут на заполнение лиманов, расположенных выше площадей правильного орошения; таким образом, в этом



Фиг. 100. Схема лиманов, получающих воду из прудов.

1) дамбы; 2) водоспуски в них; 3) земляные плотины, создающие подпор воды.

Каждая из указанных выше категорий лиманного орошения в свою очередь может быть осуществлена в двух видах: в форме простых или ярусных лиманов.

Простые лиманы представляют собой площадь, затопляемую водой с помощью только одной дамбы.

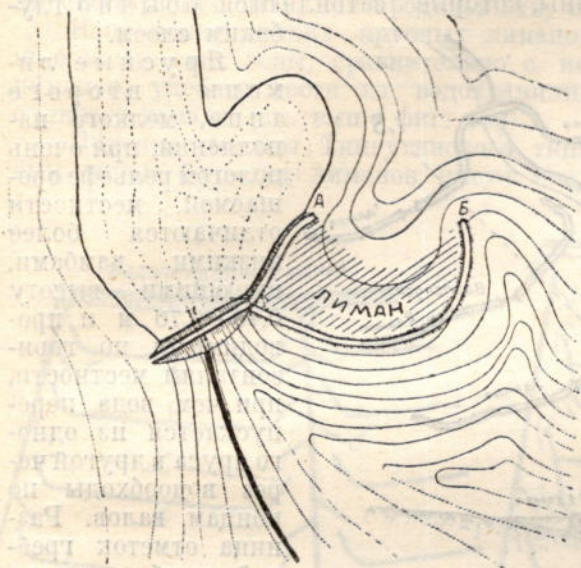
Ярусные лиманы образуются целой серией дамб, разделяющих всю орошаемую площадь на ряд лиманов, расположенных один ниже другого, при чем вода последовательно переходит из одного вышележащего в другой нижележащий лиман. Ярусные лиманы могут быть как продольные, так и поперечные. Продольные ярусные лиманы имеют дамбы, идущие не перпендикулярно, а более или менее параллельно оси балки; поперечные же

случае площадь орошения увеличивается — нижележащие земли орошаются из пруда (правильное орошение), вышележащие же площади орошаются лиманным способом однократно. Это есть, следовательно, комбинированный способ правильного орошения из водохранилища и лиманного орошения наводковыми водами.

III. Третью категорию лиманов представляют собой лиманы, устраиваемые в естественных речных поймах, огражденных невысокими дамбами (фиг. 102). При этом во многих местах эти дамбы могут быть заменены береговыми дюнами, которые для этого соответственно повышаются и укрепляются. В прорезах дамб или береговых дюн делаются водоспускные шлюзы.

Таким образом, элементами лиманного орошения являются:

лиманы—наоборот. Ярусные лиманы устраиваются в том случае, когда нужно сэкономить воду, так как в этом случае одной и той же водой можно орошать большую площадь, перепуская воду из одного яруса в другой. Это первое достоинство ярусных лиманов. Второе их достоинство заключается в том, что ярусные лиманы легче могут быть приспособлены к различным условиям рельефа, нежели простые лиманы. В частности, они могут применяться при более крутых уклонах местности от 0,002 до 0,005.



Фиг. 101. Схема лиманов, получающих воду из прудов.

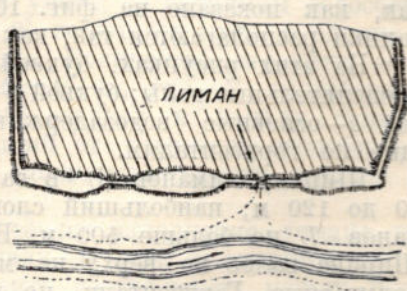
Недостаток ярусных лиманов состоит в том, что качества воды по мере удаления от верхнего яруса к нижним постепенно ухудшаются: вода теряет питательные илистые частицы и обогащается растворимыми солями, вредными для растений.

Ярусные лиманы в свою очередь разделяются на два главных типа:

1) глубокого наполнения и больших размеров, имеющих значительную глубину затопления и перепускающих воду, из одного яруса в другой помощью особых водоспусков в дамбах (тип лиманов экспедиции Жилинского);

2) мелкого наполнения и небольших размеров, с автоматическим пропуском воды из одного лимана в другой (тип лиманов Тингутинской оросительной станции).

Схематически первый тип глубоких ярусных лиманов представлен на фиг. 103. Эти лиманы делаются с таким расчетом, что разность уровней воды в двух соседних лиманах составляет



Фиг. 102. Схема ступенчатого лимана.

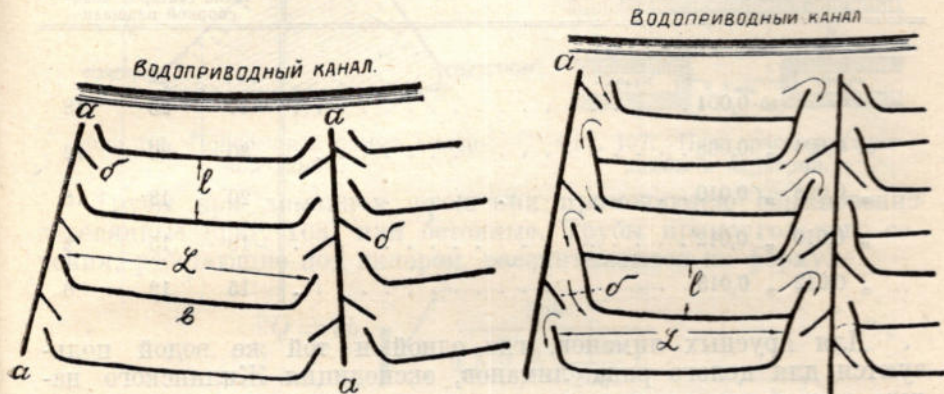
Фиг. 103. Схема ярусных лиманов, получающих воду из прудов.

ливается из одного лимана в другой, обходя концы струен-правителей и оросительных валов.

Тингутинский тип ярусных лиманов делается всегда продольным, в то время как ярусные лиманы глубокие (тип Жилинского) могут быть, как продольными, так и поперечными.

Наполнение мелких ярусных лиманов, потребляющих меньшие количества воды, сравнительно с первым типом глубоких лиманов, удобнее вести из водохранилищ при помощи водосливного канала (см. выше фиг. 100).

Ярусные лиманы Тингутинского типа сравнительно с первым типом больших лиманов имеют следующие недостатки и



Фиг. 104 и 105. Схемы мелких ярусных лиманов.

достоинства: они равномернее увлажняют почву, не требуют устройства искусственных водоспусков, потребляют меньше воды, но зато разбивка валов гораздо сложнее и объем валов на единицу орошаемой площади больше, чем при первом типе.

Количество воды, которым может располагать лиманное орошение, определяется на основании учета: 1) величины водосборной площади данного лимана и 2) величины стока с единицы водосбора в разные годы. Количество весенних вод, поступающих в лиман, равно: $Q = I' \cdot ha$, где I' — водосборная площадь лимана; h — слой зимних осадков к началу таяния и a — коэффициент стока, зависящий от характера водосборной площади с одной стороны, и от количества зимних осадков и характера таяния — с другой.

Зная количество воды, идущее на наполнение лимана на каждый гектар затопляемой площади, и сток с единицы водосборной площади, можно определить соотношение между площадью водосбора и возможной при этом площадью лиманного орошения. Если, например, принять, что на 1 га лиманов в среднем (по Тингутинским данным) расходуетея около 5000 м³ воды, то выйдет, что каждый гектар лиманного орошения в

условиях Тингуты требует для своего затопления около 10 га водосборной площади. В условиях южной части СССР (по данным экспедиции Докучаева) это отношение будет значительно больше: от 20 до 30 га водосбора на 1 га лиманного орошения.

По данным экспедиции Жилинского на 1 га лиманного орошения нужно иметь следующее число гектаров водосборной площади.

Уклон бассейна	Кол-ч. зимних осадков		
	50 мм	90 мм	120 мм
	Число гектаров водосборной площади		
до 0,004	40	25	18
от 0,004 „ 0,008	30	20	12
„ 0,008 „ 0,010	20	18	10
„ 0,010 „ 0,012	18	15	8
„ 0,012 „ 0,015	15	12	6

Для ярусных лиманов, где одной и той же водой пользуются для целого ряда лиманов, экспедиция Жилинского нашла возможным увеличить приведенные нормы вдвое.

Площадь одного лимана, в зависимости от условий рельефа и др., колеблется от нескольких гектаров (ярусные лиманы мелкого наполнения) до 1 000 и более гектаров (простые лиманы и ярусные глубокого наполнения).

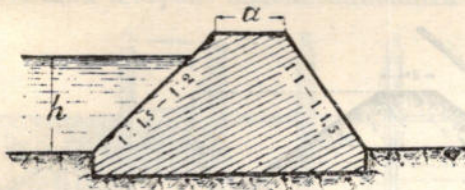
Для всех видов лиманов принимают следующие размеры валов: высота валов $t = 1,10(h+d)$ м, где принято 10% на осадку, h — наибольшая глубина воды в лимане; d — превышение дамбы над горизонтом воды в лимане; оно принимается для мелких лиманов 0,20—0,30 м, для глубоких лиманов 0,4—0,6 м.

Ширина дамб по верху a делается равной от $\frac{2}{3}h$ до $\frac{1}{2}h$ в зависимости от высоты h , при чем для больших дамб a должно быть не менее 1,5 м. Замки в дамбах лиманов обычно не устраиваются, только верхний слой почвы снимается на 0,40 м (фиг. 106). Лишь в больших поперечных дамбах плотинах делается ядро и замок. Карьеры делаются не глубже 0,60 м. Если карьеры делаются внутри лимана, они располагаются прерывисто, чтобы вода не могла двигаться по карьерам, как по каналу, вдоль дамб. Карьеры должны отстоять от края дамбы не меньше чем на 1,0 м (фиг. 107).

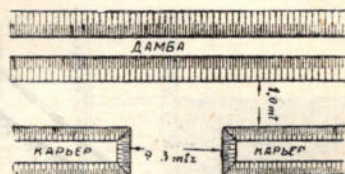
Соотношения между объемом дамб и емкостью воды в лимане таковы, что на 1 м³ объема дамб приходится 8—15 м² затопляемой площади лимана и от 5 до 15 м³ емкости его.

Для спуска воды из лиманов и для перепускания ее из одного яруса в другой служат водоспуски, устраиваемые в дамбах лиманов. Эти водоспуски делаются двух видов: при небольших лиманах — в виде труб; в больших же — в виде шлюзов.

Водоспуски должны быть рассчитаны на расход воды, соответствующий максимальному расходу весенних вод, стекающих с водосбора данного лимана, за вычетом той воды, что задерживается в самом лимане.



Фиг. 106. Поперечный разрез лиманной дамбы.



Фиг. 107. План расположения дамбы и карьеров.

Трубы при лиманном орошении применяются обыкновенно деревянные (фиг. 108) или бетонные. Трубы прямоугольного сечения, работающие под напором, рассчитываются по формуле:

$$Q = ab \sqrt{\frac{2gh}{1,5 + \beta \frac{a+b}{2ab} l}}$$

в которой a и b — высота и ширина трубы; l — длина трубы; коэффициент $\beta = 0,020$; h — разность уровней воды выше и ниже трубы. При свободном истечении трубы рассчитываются как водосливы с широким порогом.

Шлюзовые водоспуски делаются деревянными (фиг. 109) или бетонными (фиг. 110). Рассчитываются они обыкновенно как подтопленные водосливы с широкими порогами.

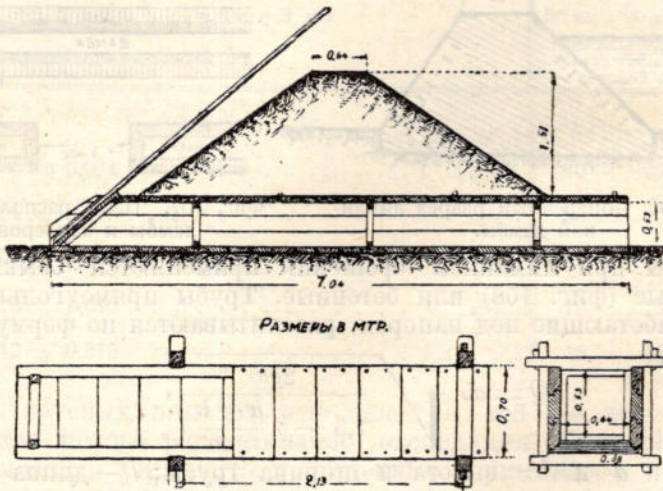
Стоимость устройства лиманного орошения по данным экспедиции Жилинского составляла (довоенные цены) от 6 до 16 руб. на гектар для простых лиманов без водоспусков; от 15 до 25 руб. с деревянными водоспусками и от 25 до 40 руб. с каменными или бетонными водоспусками. Стоимость ярусного орошения мелким слоем (Тингутинского типа) составляет от 30 до 64 руб. на гектар, в зависимости главным образом от рельефа.

Земли лиманного орошения чаще всего эксплуатируются как сенокосы, реже они занимаются зерновыми посевами и бахчами и очень редко огородами и садами.

XX. Организация оросительных предприятий.

Ирригационные предприятия могут организовываться самыми разнообразными способами. Когда колонист-пионер является в засушливый район и селится возле горной речки, он обычно

венно своим личным трудом выводит небольшой оросительный канал и орошает свой участок. Таким образом образуются предприятия единоличного характера. Когда вывод более или менее крупного канала непосилен одному колонисту, он соединяется с соседями для организации коллективного предприятия группового или общинного. Если отдельные хозяева легализируют свой союз, получается предприятие кооперативное (мелиоративное товарищество) без принудитель-

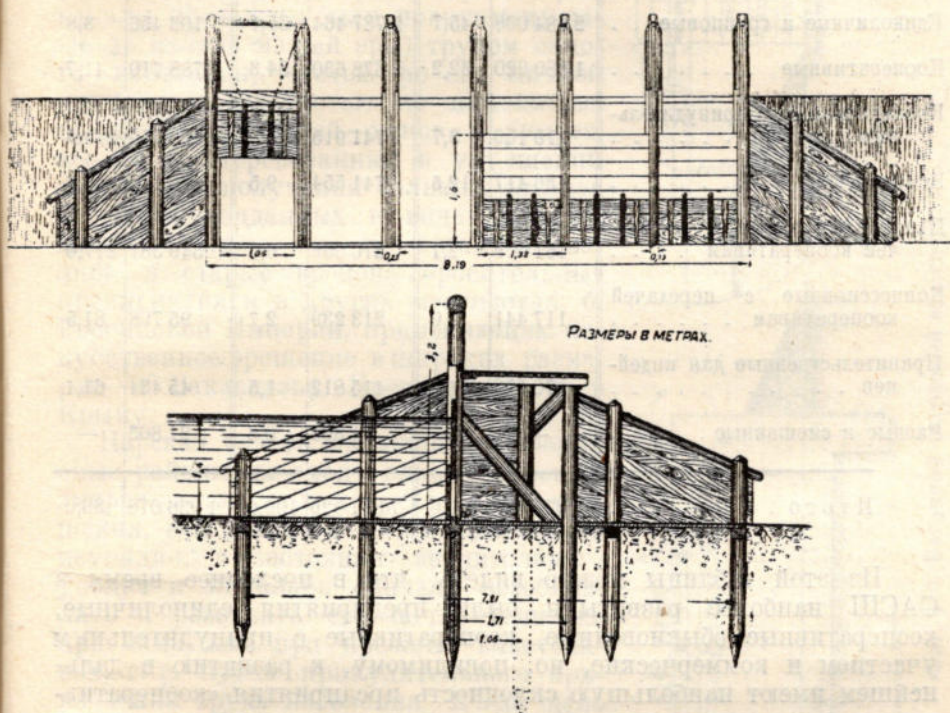


Фиг. 108. Деревянная труба для лиманного орошения.

ного участия или с принудительным участием, если в данной стране действует закон, по которому несогласное меньшинство хозяев обязано примкнуть к мелиоративному товариществу для орошения данной местности, когда того требуют технические соображения. В некоторых странах для организации такого принудительного товарищества требуется желание 50% хозяев, в других, как напр., в СССР— $\frac{2}{3}$ хозяев (по декрету 1923 г.). В некоторых случаях ирригационные предприятия организуются для орошения земель данной группы хозяев частными предпринимателями (коммерческое предприятие), торгующими затем водой или продающими всю ирригационную систему товариществу водопользователей.

Все вышеперечисленные типы ирригационных предприятий могут организоваться в местностях уже колонизированных, где есть землепользователи. Гораздо труднее обстоит дело, когда приходится орошать большие пространства земель путем организации крупных ирригационных систем в целях колонизации. В таких случаях за это дело обыкновенно берется само государство, орошающее и колонизирующее пустынные земли.

Затем государство или само эксплуатирует ирригационные системы, продавая воду поселенцам, как в Индии, или же переступает по себестоимости на выплату в продолжительный срок все сооружения ирригационной системы кооперативу—«товариществу водопользователей», как в САСШ (по закону «Reclamation Act» 1902 г.). Иногда в САСШ (по закону Carey) ¹⁾ дело орошения и колонизации земель поручается концессионерам, которые обязуются в определенный срок оросить и колонизировать (по действующим в стране колонизационным законам) отводимые им круп-



Фиг. 109. Деревянный шлюзовой водоспуск.

ные участки государственной земли и затем передать все ирригационные устройства в определенный срок по установленным ценам, включающим предпринимательскую прибыль, товариществам водопользователей, составленным из поселенцев, для эксплуатации на кооперативных началах. Таким образом, образуются предприятия правительственные и концессионные.

Нижеприводимая таблица показывает, каким образом распределялась фактически орошаемая площадь САСШ (по данным цензусов 1910 и 1920 гг.) между разного рода предприятиями.

¹⁾ Более подробно см. труд проф. Е. Е. Скорнякова: „Орошение и колонизация пустынных государственных земель САСШ“—3 тома с атласом чертежей. Изд. 1911—1913 г.г.

Типы оросительных предприятий	По данным 1910 г.		По данным 1920 г.		Увеличение орошаемой площади за 10 лет	
	В гектарах	В % от общей площади	В гектарах	В % от общей площади	В гектарах	В % от общей площади
Единоличные и групповые	2 684 008	45,7	2 787 464	35,7	103 456	3,8
Кооперативные	1 889 920	32,2	2 678 630	34,3	788,710	41,7
Кооперативные с принудительным участием	15 156	3,7	741 915	9,5	526 756	244,8
Коммерческие	736 417	12,5	741 554	9,5	5 137	0,7
Правительственные с передачей кооперативам	161 008	2,7	510 609	6,5	349 581	217,0
Концессионные с передачей кооперативам	117 441	2,0	213 239	2,7	95 798	81,5
Правительственные для индейцев	70 378	1,2	115 812	1,5	45 434	64,4
Разные и смешанные	—	—	21 803	0,3	21 803	—
Итого	5 874 348	100,0	7 811 026	100,0	1 936 678	33,0

Из этой таблицы можно видеть, что в последнее время в САСШ наиболее развитыми были предприятия единоличные, кооперативные обыкновенные, кооперативные с принудительным участием и коммерческие, но, повидимому, к развитию в дальнейшем имеют наибольшую склонность предприятия «кооперативные с принудительным участием» и предприятия «правительственные», передаваемые в управление товариществам водопользователей, составляемым из землепользователей, поселяющихся на орошаемых землях. Предприятия «кооперативные с принудительным участием», называемые в САСШ «оросительными округами» (Irrigation Districts), оказались настолько удачными мелко-кооперативными организациями, что обыкновенно теперь по их типу организуются те товарищества водопользователей, которым передаются законченные предприятия феодального правительства, организованные на основании закона Reclamation Act, и предприятия концессионные, организованные на основании закона Керри (Carey Act).

Что касается дела организации оросительных предприятий в б. Российской Империи и в СССР, то оно не имело сколь-

вили царское правительство перейти в последние годы перед империалистической войной к организации инженерных сооружений основанных на производстве детальных изысканий и составлении технических проектов. В результате явилось устройство в Закавказьи Караязского орошаемого участка возле Тифлиса на 15 000 га и проведение ряда каналов в Муганской степи, оросивших до 160 000 га, на которых было устроено несколько русских поселков, а также орошение в Туркестане около 70 000 га в Голодной степи, около 28 000 га в долине р. Мургаба. На орошенных землях Голодной степи были устроены русские поселки, успешно занимающиеся в настоящее время хлопководством, в долине же р. Мургаба было организовано, так называемое, «Мургабское государево имение», находившееся в ведении б. Департамента Уделов. Земли последнего частью эксплуатировались самим имением, а частью сдавались в аренду окрестному населению на ипсовых основаниях.

Кроме вышеуказанных строительных работ правительственными органами, главным образом, б. Отделом Земельных Улучшений в засушливых местностях Туркестана и Закавказья было произведено несколько обследований и изысканий в целях составления проектов искусственного орошения. Однако, почти все эти проекты, за немногими исключениями, вследствие наступившей войны, а затем революции оставались невыполненными.

В последнее время перед войной и революцией в Средней Азии и Закавказьи довольно видную роль в деле организации оросительных предприятий стала играть и частная инициатива, выражавшаяся, главным образом, в устройстве так называемого «машинного» орошения, при котором предприниматели брались орошать при помощи под'ема воды насосами земли, принадлежавшие крестьянским (декханским) обществам, при чем брали за доставляемую воду от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$, а иногда и до $\frac{2}{3}$ урожая хлопка. В это же время стали появляться предложения крупного концессионного капитала, русского и иностранного, для орошения больших площадей земель, достигавших в общей сложности $\frac{1}{2}$ миллиона гектаров.

Неурожай и голодовки, периодически разорявшие хозяйства наиболее хлебородных районов Европейской России с самого начала их заселения, заставили правительство обратить внимание на борьбу с этим бедствием при помощи искусственного орошения. Для этого в 1880 г. была организована при б. Министерстве Государственных Имуществ особая «Экспедиция по Орошению на Юге России и Кавказе», которой было выполнено много изысканий и устроено за счет чрезвычайных кредитов для помощи населению, пострадавшему от неурожая в 1880, 1883 и 1891 г.г., 11 показательных участков на казенно-оброчных статьях в Самарской, Саратовской, Астраханской, Екатеринославской, Воронежской и Херсонской губерниях. Большая часть из этих оросительных участков превращена теперь в советские хо-

зяйства (совхозы), участки же Валуйский, Камышлакский и Тингутинский в РСФСР и Сагайдакский в УССР служат для постановки опытов по различным вопросам искусственного орошения и носят название «опытно-мелиоративных». По примеру правительства искусственное орошение на юге и юго-востоке Европейской России в конце XIX и начале XX столетия стало устраиваться также земствами (в особенности Новоузенским), а также помещиками и крестьянскими общинами, однако в очень небольших размерах. Так по данным проф. Н. С. Фролова в Новоузенском уезде б. Самарской, а затем Саратовской губ., занимавшем общую площадь в 4 000 000 га, орошалось в начале войны всего лишь около 33 000 га, из которых около $\frac{1}{2}$ лиманным способом и около $\frac{1}{2}$ регулярным.

Так как режим водных источников и топографические условия степей Европейской России не благоприятствовали устройству самотечного орошения, то значительное большинство регулярных оросительных устройств здесь было основано на подьеме воды при помощи водоподъемных приспособлений — частью центробежных насосов с двигателями внутреннего сгорания, а главным образом простейших водоподъемников — «чигирей» (описание см. выше гл. XVI). В развитии такого рода орошения видную роль играли огородники болгары и татары, устраивавшие небольшие орошаемые «плантации» главным образом на арендованных землях, поднимая воду из рек, прудов и колодцев.

В последние годы перед империалистической войной под влиянием пожеланий Государственной Думы, царским правительством начаты были в степях Поволжья обширные изыскания в целях организации орошения на широких началах. Однако война, а затем революция заставили остановить это дело.

Одной из главнейших причин слабого развития оросительных работ в дореволюционной России являлось отсутствие в русском законодательстве принципа кооперирования мелиоративного дела, являющегося главным стимулом к развитию мелиоративных работ как в Зап. Европе, так и в Сев. Америке. Этот принцип был введен уже после революции в Советское законодательство.

В годы революции и последовавшей за ней гражданской войны оросительные системы в орошаемых районах СССР сильно пострадали, в особенности в Средней Азии и Закавказья, где они пришли в состояние полного упадка, вследствие чего, например, в Туркестане посевная площадь сократилась почти на 50%, площадь же, занятая хлопковыми посевами, сократилась более чем в 10 раз.

Необходимость народно-хозяйственного развития остальных национальных меньшинств Средней Азии и Закавказья, а также необходимость получения в достаточном количестве хлопкового волокна для текстильной промышленности заставили Советскую власть обратить особое внимание на восстановление и развитие искусственного орошения в этих двух районах.

При этом заботы Советского правительства направляются по следующим основным линиям: 1) урегулирование водопользования и эксплуатации оросительных систем, 2) восстановление разрушенных оросительных сооружений и 3) развитие орошаемой площади путем мелкого и крупного строительства.

В прежнее дореволюционное время огромное большинство оросительных систем Средней Азии находилось в пользовании общин сельского населения и эксплуатировалось под надзором туземных выборных должностных лиц (мирабов и арык-аксакалов) при помощи принудительного и, в большинстве, бесплатного труда населения (натуральная повинность). Такая повинность ложилась очень тяжелым бременем на население, доходя в некоторых случаях, вследствие несовершенства систем, до 11 денции и 50 куб. метров земляных работ на один гектар в лето (Хорезмский оазис). Особенно тяжелы были работы ремонтно-регулирующие в головах длинных каналов (арыков), вследствие значительного времени, расходуемого непроизводительно на передвижение земледельцев (дехкан) к месту работ.

Вследствие этого в настоящее время малоподготовленная в техническом отношении туземная водная администрация постепенно заменяется более подготовленным техническим аппаратом, натуральная повинность населения — «водным сбором», а общинное пользование водными системами — кооперативными объединениями «мелиоративными товариществами», организуемыми согласно постановления Правительства 1923 г., предусматривающем принудительное привлечение несогласного меньшинства в случаях технической необходимости.

На эти кооперативные организации, соответствующим образом субсидируемые государством, правительство стремится постепенно возложить также и работы по восстановлению разрушенных и полуразрушенных во время войны и хозяйственной разрухи систем.

Что касается крупного строительства в смысле производства изысканий и самих работ, главным образом, для получения новых орошаемых площадей, то оно ведется, главным образом, на государственные средства с небольшим добавлением средств самого населения. При этом только в исключительных случаях новые орошаемые земли поступают в индивидуальное пользование населения, главным образом, на них образуются коллективные или крупные советские хозяйства (колхозы и совхозы). Последние, главным образом, семенного хлопкового значения.

Придавая делу восстановления и развития искусственного орошения в Средней Азии и Закавказья большое значение, Советское Правительство не останавливается перед затратами на это дело весьма значительных сумм. Так, например, за пятилетие 1923—1928 г.г. было затрачено в Средней Азии одних государственных средств, не считая средств населения и его труда в виде натуральной повинности, около 92 миллионов рублей, из которых

42 миллиона было затрачено на строительство, 16 млн. на изыскания и исследования, 16 млн.—на административные расходы и содержание аппарата, 8,6 млн.—на эксплуатацию, 4,6 млн.—на научные, исследовательские и опытные работы и 5,2 млн.—на прочие расходы. В результате этих затрат, а также общего народно-хозяйственного подъема страны, поливная площадь Средне-азиатских республик к 1928 г. уже составляла 85% довоенной, а хлопковая переходила соответствующую довоенную площадь.

Затрачивая такие значительные средства на дело восстановления и развития искусственного орошения, Советская власть пока не задается целью скорого и непосредственного их возвращения, но, тем не менее, вопрос о самокупаемости таких расходов стоит на ближайшей очереди и ждет своего разрешения.

Повидимому, разрешение этого вопроса должно будет выразиться в установлении платы за воду, сообразно количеству ее потребления, при чем наиболее целесообразной формой возврата средств явится организация водопользователей в «мелиоративные товарищества» или «товарищества водопользователей» и их союзы, с которыми государство будет вступать в договорные отношения. В случае орошения новых земель и их колонизации каждый поселенец должен будет вступать в соответствующее товарищество и принимать на себя обязательство по возврате затраченных государством средств.

Таковы основные положения организации оросительных работ в хлопковых районах Средней Азии и Закавказья, представляющих особую важность для Союза ССР в смысле возможности получить свое сырье для текстильной промышленности и таким образом освободиться от необходимости покупать его за границей. Но, как уже отмечалось и выше, этот вид мелиорации может иметь огромное значение и для других районов Союза ССР: района Туркестано-Сибирской ж. д., Дагестана и других автономных национальных образований Северного Кавказа, а также для полузасушливых степей Поволжья, Украины и Западной Сибири. В районе Туркестано-Сибирской ж. д. развитие орошения имеет большое значение для предоставления возможности перехода казакского кочевого населения к оседлости и развития отраслей сельского хозяйства особого значения—рисосеяния, садоводства, промышленного огородничества, животноводства (в смысле откорма скота на орошаемых люцерновых полях) и пр. На Северном Кавказе орошение может дать значительные колонизационные фонды в равнинных местностях в целях разрежения перенаселенных горных долин, а в Поволжье, на Украине и в Западной Сибири оно может дать гарантийные участки от тяжелых явлений засухи.

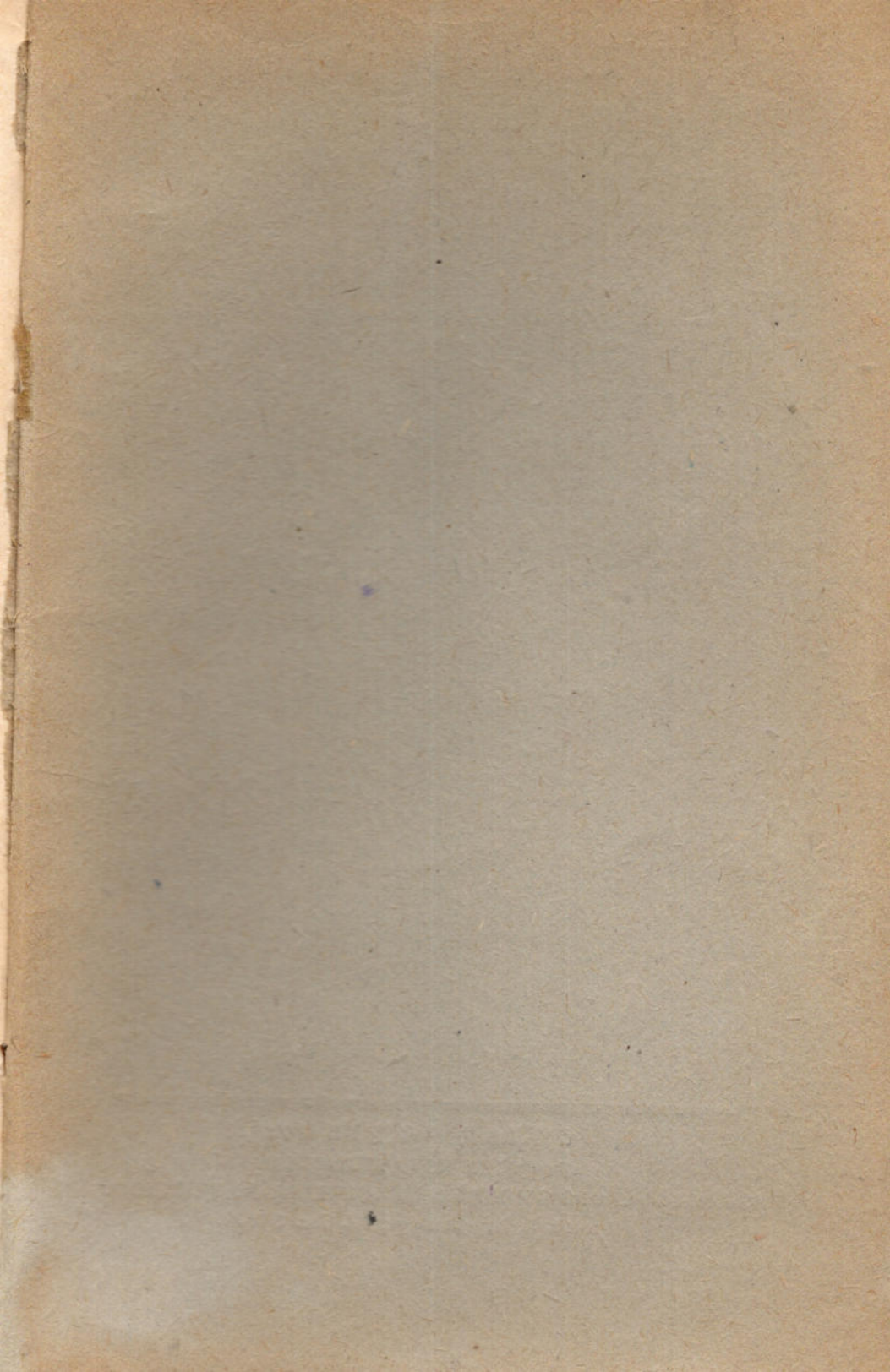
Естественные условия района Туркестано-Сибирской ж. д. и Северного Кавказа (Дагестана, Чечни, Ингушетии, Осетии, Кабарды и др.) позволяют устраивать оросительные системы того же типа, как в Средней Азии и Закавказьи, с выводом воды из рек,

стекающих с Кавказского хребта (Терек, Сулак и др.) и имеющих горный характер. Поэтому, оросительные работы в этих местностях организуются и финансируются приблизительно так же, как и в хлопковых районах, т. е. путем принятия части расходов на государственный бюджет, выдачи правительствам автономных объединений ссудных кредитов и привлечения труда самого населения.

Что касается периодически страдающих от засухи степей Поволжья, южной Украины и западной Сибири, то здесь искусственное орошение носит гарантийный характер и, вследствие невозможности вывода воды самотеком из рек, имеющих недостаточные уклоны, осуществляется путем вывода воды из прудов или механического под'ема из рек, прудов и колодцев. Организация такого «оазисного» орошения ведется самим населением, объединяющимся в мелкоротивные товарищества, с помощью банковских ссуд. В последнее время и в этих местностях намечается государством несколько крупных ирригационных систем путем механического под'ема воды из рек. Из таких проектов заслуживают быть отмеченными: проект орошения около 600 000 га заволжских степей путем под'ема воды из Волги и орошение около 650 000 га путем под'ема из Днепра, пользуясь энергией второй очереди Днепростроя.

Поощряя всемерно развитие оросительных работ в засушливых местностях Союза, Советское правительство учитывает не только их хозяйственный эффект, но и их огромное значение в деле развития среди населения идей общественности и кооперации. Цветущее состояние каждого поля на орошаемых землях, каждого сквера или цветника в городе зависит от исправной работы гидротехнических сооружений, дающих оросительную воду. Поэтому на эти сооружения направляются взоры всех живущих на орошаемых землях и по соседству с ними — сельских хозяев и рабочих промышленных предприятий, расположенных в районе орошаемых земель. Но управлять самостоятельно этими сооружениями никто не может, ими может управлять лишь правильно созданная общественная организация, а это ведет неизбежно к кооперации и коллективизации.





Цена 1 р. 60 к. 12346

12346

СКЛАД ИЗДАНИЯ:
МАГАЗИН ИЗДАТЕЛЬСТВА
МОСКОВСКОГО ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО УЧИЛИЩА
Москва, 5, Коровий брод, 3. Тел. 5-75-07.