

ТС
394

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР**

**СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
ИМЕНИ В. Д. ЖУРИНА (САНИИРИ)**

**ТУРКМЕНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ**

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Ташкент—1978

ТС-394
631.6

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации
имени В. Д. Журина (САНИИРИ)

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Четвертый выпуск

Ташкент—1978

В настоящем сборнике освещаются актуальные вопросы мелиорации земель в Туркменской ССР. В его статьях показывается высокая эффективность рационального использования водных ресурсов, автоматизации водораспределения на протяженных оросительных системах и механизации водохозяйственных работ, описывается конструкция нового мобильного дренажа, характеризуются параметры закрытых дрена с прерывистой фильтровой зоной, оцениваются местные фильтровые материалы, применяемые в дренаже, излагаются методы определения водно-физических свойств почвогрунтов, рекомендуется методика районирования орошаемых территорий по величине удельных фильтрационных потерь воды из каналов, рассматриваются техника полива, водопотребление сельскохозяйственных культур, водно-солевой режим почвогрунтов и вопросы применения ЭВМ в мелиоративных расчетах.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов и студентов высших учебных заведений в области мелиорации и водного хозяйства.

Р е д к о л л е г и я :

Кадыров А.А. (отв. редактор, САНИИРИ), Антонов В.И. (зам. редактора, ин-т Средазтигипроводхлопок), Валентини Г.Г., Дерлятка Т.И., Жулаев А.Ж. (зам.редактора, ГазНИИВХ), Кеберле С.И., Лактаев Н.Т., Мухамедов А.М., Мухтаров М.П., Пулатов У.Ю., Пулатов А.Г., Сапаров Б. (зам.редактора, ТуркменНИИТМ), Старковский А.С., Усманов А.У., Якубов Х.И. (зам. редактора).

С

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации, 1978 г.

ТУРКМЕНИСТАНДА
ЕРЛЕРИ
МЕЛИОРАЦИЯСЫ
ДОРДУНЧИ ГОЙБЕРЛИШИ

Канд. техн. наук В.А. КАЛАНТАЕВ,
горн. инж.-гидрогеолог З. ИШАНКУЛИЕВ

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

В настоящее время в аридной зоне сложилась такая практика мелиорации орошаемых земель, когда поверхностные соли, накопившиеся в почвогрунтах, вымываются промывными поливами на большую глубину, а затем постепенно отводятся дренажными системами различного типа за пределы культурного оазиса. Такой метод значительно удлиняет мелиоративный период и способствует обогащению грунтовых вод солями, что усложняет освоение новых земель.

В целях устранения постоянной опасности возникновения вторичного засоления капитальные промывки орошаемых земель должны проводиться более эффективно. Для этого необходим такой дренаж, который мог бы перехватывать солевой поток сверху во время промывок и сразу же отводить его за пределы культурного оазиса.

Задачу мелиорации таким методом можно решить на фоне двухъярусного дренажа. Первый ярус — это закрытый горизонтальный дренаж, который устанавливается на эксплуатационный период. Второй ярус — мобильный дренаж, который монтируется на поверхности какого-либо поливного участка на время проведения капитальных промывок и демонтируется после отвода солей из верхней 1,5-2,0-метровой толщи грунта. За основу мобильного дренажа принята конструкция систем вертикальных дрен с регулируемым дебитом, разработанная в 1971 г. на Чарджоуской опытно-мелиоративной станции Туркменистана.

Мобильный дренаж (см. рисунок) состоит из горизонтального

собирателя, вертикальных дрен и самовсасывающего насоса. Собиратель и вертикальные дрены изготавливаются из полиэтиленовых труб, диаметры которых соответственно равны 160 и 50 мм. Длина вертикальных дрен зависит от геологической характеристики участка, но не должна быть меньше 3 м. Нижняя

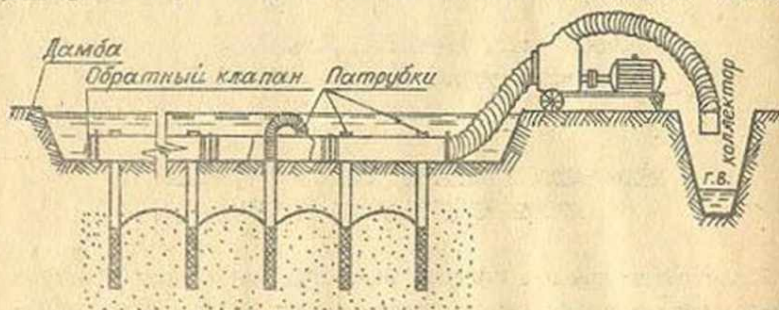


Схема устройства мобильного дренажа

часть дрен (2-3 м) имеет щелевую перфорацию и обтянута сеткой галунного плетения. Вертикальные дрены устанавливаются на проектную глубину при помощи гидроразрыва грунта в специальной обсадной трубе:

Следует отметить, что при работе с водой болтовые соединения труб собирателя между собой и вертикальных дрен с собирателем довольно неэффективны. Коррозия при постоянном влиянии мокрого грунта делает болтовые соединения трудно-разъемными, в связи с чем они не могут быть рекомендованы для систем мобильного дренажа, работа которого связана с многократной сборкой и разборкой основных узлов. Исходя из этого все соединения в мобильной дренажной системе сделаны быстроразъемными и не содержат болтов.

Начало собирателя (по ходу движения воды) содержит клапан, который открывается для заполнения системы водой до пуска насоса и закрывается перед включением его в работу.

После разметки мест установки вертикальных дрен приступают к их погружению на проектную глубину и соединяют с собирателем, расположенным на поверхности земли. При подключении насоса к мобильной системе поливной участок, а через откры-

тый клапан — и вся полость дренажа заполняется водой. Слой воды на участке должен превышать верх труб собирателя на 5–7 см. После включения насоса в работу начинается отвод воды мобильным дренажем. В начале откачивается пресная вода из полости дрен и собирателя, а затем, за счет появившегося вакуума, — грунтовые и инфильтрационные воды с растворенными солями.

После завершения промывных поливов система мобильного дренажа разбирается и перевозится на новый участок, подлежащий рассолению.

Мобильный дренаж испытан на экспериментальном участке в 1976 г. При этом установлена работоспособность системы и выявлен ряд недостатков в узлах соединений. В 1977 г. исследования продолжались. Конструктивные недостатки в стыковке труб между собой удалось ликвидировать, применив вакуумное соединение трубопроводов.

Как показали исследования, мобильные дренажные системы обладают подвижностью и могут быть быстро перевезены и смонтированы на любом участке, подлежащем рассолению. Поскольку мобильные системы почти целиком состоят из полимерных материалов, это в значительной степени облегчает сборку и разборку их на поливных участках. Мобильные системы имеют многократную обрачиваемость, что делает их экономически выгодными для применения в целях мелиорации орошаемых земель.

Мелиоративный период при освоении засоленных земель при помощи мобильных систем можно сократить в 4–5 раз по сравнению с обычным способом проведения промывок.

Таким образом, мобильные дренажные системы могут успешно применяться для мелиорации сильнозасоленных земель.

Канд. техн. наук В.А. КАЛАНТАЕВ

О ВЫСОТЕ НАВИСАНИЯ ГРУНТОВОГО ПОТОКА
ПРИ РАБОТЕ ДРЕНАЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При работе дренажных систем различного типа (горизонтальных или вертикальных) всегда имеет место разрыв уровней воды в грунте и дрене. Обычно этот разрыв называют высотой нависания или промежутком высачивания, участком выклинивания.* До недавнего времени считалось, что кривые депрессии смыкаются с горизонтом воды в дренах, и о высоте нависания ничего не было известно. Это обстоятельство привело к ошибке Козени [3], который пришел к выводу, что максимальный дебит колодца будет при глубине воды в нем, равной половине мощности грунтового потока. Эренбергер, проверяя в своих опытах вывод Козени, определил, что максимум дебита будет при нулевой глубине воды в колодце. Он одним из первых показал также, что между уровнями воды за стенкой колодца и в самом колодце имеется разрыв, т.е. образуется высота нависания грунтового потока / 3 /. На существование "высоты нависания" в свое время указывали также Е.А. Замарин, Н.Н. Павловский [7], Г.Н. Каменский [9], А.И. Богомолов [2], Н. Кристеа [5] и другие. Неназбежность образования высоты нависания впервые была теоретически обоснована в работе Левисона, в которой решались вопросы движения грунтовых вод через перемичку. Де-

* В дальнейшем будет использоваться термин "высота нависания" и индекс ее обозначения H_0 .

тально разобрал и теоретически обосновал основные случаи наличия или отсутствия высоты нависания В.В. Ведерников [3].

Следует отметить разнообразное трактование исследователями физической закономерности появления высоты нависания при работе дренажных и водозаборных систем, а также перемичек, плотин и других гидротехнических сооружений. Эренбергер и некоторые другие исследователи объясняли образование высоты нависания вследствие сопротивления фильтра. Г.Н. Каменский и Н.Н. Павловский считали, что здесь решающее значение имеет энергетический фактор, без которого не было бы движения воды к дренажным сооружениям. В.В. Ведерников объяснял наличие высоты нависания размерами дрен. При размерах больше "критических" он допускал отсутствие разности между уровнями воды в грунте и в дрене. М. Маскет [6] пришел к выводу, что высота нависания должна иметь место во всех случаях для избежания бесконечной скорости в точке пересечения уровня воды со стенкой канала. Н. Кристеа наличие высоты нависания объяснял тем, что скорость вдоль свободных поверхностей не может быть больше величины коэффициента фильтрации и что свободная поверхность у дрены должна быть наклонена вниз.

Наши исследования на моделях и в натуральных условиях показали, что над уровнем воды в дренах всегда имеется слой грунтовой воды различной мощности. Высота этого слоя не может меняться при неизменных параметрах дрены и грунтового потока, так как кривая депрессии своим концом упирается . . . в урез воды в дрене. Этот парадоксальный вывод легко доказывается, если рассматривать наличие высоты нависания и работу дренажных систем несколько с иной, чем это принято, физической точки зрения.

Известно, что поверхность жидкости обладает некоторым количеством свободной поверхностной энергии, величина которой пропорциональна поверхности жидкости. Свободная энергия всегда стремится к наименьшему значению. Этому же закону подчиняется и поверхностная энергия жидкости. Поэтому всякий объем жидкости в благоприятных условиях стремится принять форму шара, т.е. тела с наименьшей поверхностью. Наглядным примером может служить капля жидкости, подброшенная

в воздух: она моментально приобретает форму шара.

При движении в пористой среде к стоку грунтовый поток под влиянием комплекса сил — поверхностного натяжения, трения и молекулярного взаимодействия частиц жидкости и грунта — также стремится принять форму шара. Это явление особенно проявляется непосредственно у дрены, где верхний слой грунтовых вод находится в состоянии "свободного падения" с малыми скоростями. Чем дальше от дрены, тем больше сплющивается форма шара под влиянием силы тяжести.

Образование шаровой поверхности особенно наглядно проявляется при работе вертикальных дрен: кривая депрессии в непосредственной близости от дрены приобретает форму окружности, а вертикальная стенка колодца становится касательной к дуге окружности.

Аналогичную картину можно наблюдать при движении жидкости через перегородки к горизонтальным дренам с откосами различной конфигурации и вообще к любому стоку. Во всех случаях вблизи стока свободная поверхность жидкости в пористой среде приобретает форму окружности, радиус которой зависит от параметров дрены, грунта и грунтового потока, а центр находится на горизонтальной прямой на одном уровне с водой в дрене. Нижний конец кривой депрессии "упирается" в урез воды в дрене, а вертикальная прямая, опущенная в точку этого уреза, является касательной к дуге окружности.

Таким образом, образование высоты нависания при работе гидротехнических сооружений есть следствие физической закономерности. Сформулируем эту закономерность следующим образом: "При движении в пористой среде к стоку в условиях "свободного падения" грунтовый поток под влиянием комплекса сил — поверхностного натяжения, трения и молекулярного взаимодействия частиц жидкости и грунта — уменьшает свою поверхность и вблизи стока стремится приобрести форму шара, а свободная поверхность жидкости — форму окружности".

Из математики известно, что дуга окружности всегда больше стягивающей ее хорды. Однако можно подобрать хорду такой длины, что она почти полностью сольется с дугой окружности, т.е., станет ее касательной. При этом нужно отметить, что чем боль-

ше радиус окружности, тем длиннее может быть такая хорда. Отмеченное обстоятельство объясняет, казалось бы, необъяснимый парадокс, когда одновременно имеют место два взаимосключающих фактора:

1 - кривая депрессии грунтового потока "упирается" в урез воды в дренае;

2 - над дренаем образовалась высота нависания.

Наряду с сказанным следует иметь в виду, что при движении жидкости в пористой среде вертикально вниз возникает боковое растекание ее за счет неоднородности грунта по плотности и механическому составу. С учетом этого фактора величина высоты нависания становится еще большей.

Расчеты показывают, что для определения высоты нависания можно принимать равенство хорды и дуги окружности при центральном угле в 6° . Допущенная при этом ошибка составляет

$$\left(\frac{0,1048R}{0,1046R} - 1,0019 \right) \text{ около } 0,2\%, \text{ что компенсируется боковым}$$

растеканием грунтового потока при движении его вниз.

Таким образом, математическая зависимость между хордой и дугой окружности, а также сформулированная выше закономерность движения жидкости в пористой среде могут быть использованы для определения высоты нависания грунтового потока при работе дрен и других гидротехнических сооружений.

Предположим, что форма кривой депрессии около дрена представляется собой дугу окружности радиуса R . Откос дрена вертикальный и является касательным к депрессионной кривой. Находим длину хорды, которая сливалась бы с дугой окружности. Пусть эта длина равна Z . Тогда высота нависания определится как половина хорды Z , т.е. $h_0 = \frac{Z}{2}$ (см. рисунок).

Для оценки величины радиуса окружности, форму которой принимает свободная поверхность грунтового потока непосредственно около дрена, использован обширный материал разных авторов по определению высоты нависания. В результате обобщения теоретических и экспериментальных решений получены некоторые данные, позволяющие установить зависимость искомого R от природных факторов. Радиус окружности зависит от вели-

чины действующего напора, притока воды к дренажной системе, коэффициента фильтрации грунтов, площади стока и активной скважности грунтов. Зависимость эта выражается формулой:

$$R = \frac{Q \cdot H}{\omega \cdot m \cdot k},$$

где Q — приток воды к системе, м³/сут./м;
 H — действующий напор, м;
 ω — площадь стока, м;
 m — активная скважность (водоотдача) грунтов, в долях единицы;
 k — коэффициент фильтрации, м/сут.

Все параметры, определяющие радиус окружности, обычно бывает известны при проектировании того или иного сооружения. Некоторую сложность представляет определение площади стока, так как участок нависания, будучи неизвестной величиной, также является частью площади стока.

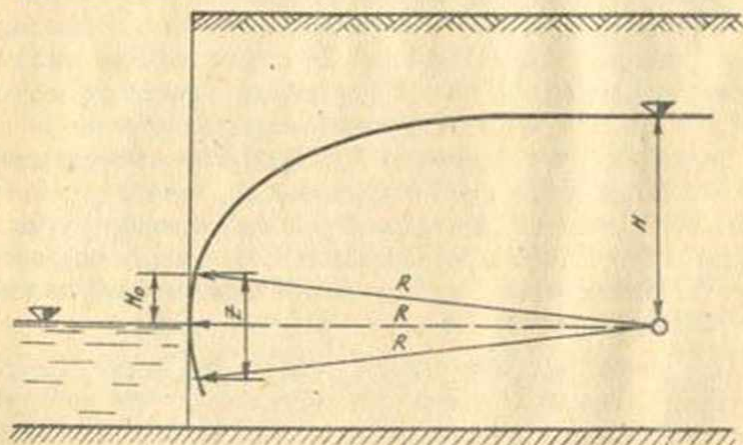


Схема определения высоты нависания
 при работе дрены с вертикальными откосами

С учетом этого обстоятельства для каждого вида дрен (в данной статье рассматриваются только дренажные системы) площадь стока определяется по особому, "овсему" уравнению. При этом за основу берется принцип равенства давления жидкости на стенки дрены по всему периметру водопримной поверхности.

Приведем пример расчета площади стока открытой совершенной горизонтальной дрены с прямыми откосами. В грубом приближении принимаем, что скоростной напор одинаков по всему периметру водопримной поверхности. Гидростатическое давление столба жидкости будет равно нулю в точке сопряжения кривой депрессии со стенкой дрены и величине H_0 — от уровня воды в дрене до ее дна. Таким образом, площадь стока рассматриваемой дрены равна: $\omega = H_0 + 2h$,

где h — глубина воды в дрене.

Аналогично найдем:

а) для горизонтальных открытых дрен с прямыми откосами при глубоком и промежуточном залегании водоупора:

$$\omega = H_0 + (2h + b),$$

где b — ширина дна дрены;

б) для вертикальной дрены:

$$\omega = \pi D \left(h + \frac{H_0}{2} \right),$$

где D — диаметр дрены;

в) для закрытой горизонтальной дрены, работающей полным сечением:

$$\omega = \pi d,$$

где d — диаметр дрены.

С учетом сказанного выше высота нависания определяется по следующей общей формуле:

$$H_0 = \frac{2\pi R}{360 \cdot 2} b = \frac{\pi R}{60}, \text{ м.}$$

Для конкретных типов дрен формулы определения высоты нависания будут различными. Рассмотрим некоторые из них.

I. Для открытой дрены на водоупоре:

$$H_0 = \frac{\pi R}{60} = \frac{\pi Q H}{\omega \cdot m \cdot k \cdot 60}, \quad \text{но } \omega = H_0 + 2h,$$

тогда $H_0 = \frac{\alpha Q H}{(H_0 + 2h) \cdot m \cdot k \cdot 60}$, или

$$H_0^2 + 2hH_0 - \frac{\alpha Q H}{60 \cdot m \cdot k} = 0, \quad \text{откуда}$$

$$H_0(1,2) = -h \pm \sqrt{h^2 + \frac{\alpha Q H}{60 \cdot m \cdot k}}.$$

Второй корень имеет отрицательное значение, что не имеет физического смысла и поэтому не рассматривается.

2. Для открытой дрены при промежуточном и глубоком залегании водоупора:

$$H_0 = \sqrt{(2h - \delta)^2 + \frac{\alpha Q H}{60 \cdot m \cdot k}} - (2h + \delta).$$

3. Для вертикальной дрены:

$$H_0 = \sqrt{4h^2 + \frac{QH}{30 \cdot D \cdot m \cdot k}} - 2h.$$

4. Для закрытой горизонтальной дрены круглого сечения при глубоком и промежуточном залегании водоупора:

а) работающей полным сечением:

$$H_0 = \frac{QH}{60 \cdot d \cdot m \cdot k},$$

б) наполовину заполненной водой:

$$H_0 = \frac{QH}{45 \cdot d \cdot m \cdot k}.$$

В ряде гидромеханических решений / 3, 1, 4, 8 / для определения высоты наивысшего над дренами получены следующие формулы:

а) для горизонтальных дрен при глубоком залегании водоупора:

$$H_0 = QH \div 0,26 \frac{Q}{k};$$

б) для горизонтальных дрен при близком залегании водоупора:

$$H_0 = 0,37 \frac{Q}{k};$$

в) для скважины вертикального дренажа:

$$H_0 = \sqrt{\left(0,25 \lg \frac{\sqrt{\frac{Q}{k}}}{2} - 0,51\right) \frac{Q}{k} + h_0^2} - h_0$$

Для сравнения приведем ряд примеров определения высоты наивысшего над различными дренажами:

а) открытая дрена на водоупоре с параметрами:

$$h = 0,5 \text{ м}, \quad Q = 0,4 \text{ м}^3/\text{сут}/\text{м}, \quad H = 0,5 \text{ м}, \\ k = 3,0 \text{ м}/\text{сут}, \quad m = 0,1.$$

По формуле:

$$H_0 = 0,37 \frac{Q}{k}$$

находим $H = 0,05 \text{ м}$.

По нашей формуле:

$$H_0 = \sqrt{h^2 + \frac{0,25 Q H}{60 \cdot m \cdot k}} - h = \sqrt{0,25 + \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,5}{60 \cdot 0,1 \cdot 3}} - 0,5 = 0,04 \text{ м}$$

б) открытая дрена при глубоком и промежуточном залегании водоупора с шириной по дну $b = 1,0 \text{ м}$, действующим напором $H = 1,0 \text{ м}$, дебитом $Q = 1,7 \text{ м}^3/\text{сут}/\text{м}$, остальные параметры — прежние.

По формуле: $H_0 = 0,17 + 0,26 \frac{Q}{k}$

находим $H_0 = 0,10 + 0,15 \text{ м}$.

По нашей формуле:

$$H_0 = \sqrt{(2h+b)^2 + \frac{0,25 Q H}{60 \cdot m \cdot k}} - (2h+b) = \sqrt{4 + \frac{3,14 \cdot 1,70 \cdot 1,0}{60 \cdot 0,1 \cdot 3}} - 2 = 0,08 \text{ м};$$

в) скважина вертикального дренажа с параметрами:

$$H = 10,0 \text{ м}, \quad D = 1,0 \text{ м}, \quad h = 20,0 \text{ м},$$

$$k = 15 \text{ м}/\text{сут}, \quad m = 0,2.$$

По формуле И.А. Чарного, преобразованной В.М. Шестаковым:

$$H_0 = \sqrt{(1,73 \lg \frac{\sqrt{\frac{2500}{15}}}{0,5} - 0,51) \frac{2500}{15} + 400 - 20 - 25,0 - 20 - 5,0 \text{ м.}}$$

По нашей формуле:

$$H_0 = \sqrt{4,400 + \frac{2500 \cdot 10}{30 \cdot 1,0 \cdot 0,20 \cdot 15}} - 40 = 3,3 \text{ м.}$$

Тактические величины наивысания по литературным источникам и материалам наших исследований при аналогичных параметрах удовлетворительно согласуются с данными расчетов по всем приведенным здесь формулам. Это дает основание считать приемлемой предложенную закономерность образования высоты наивысания грунтового потока при работе дренажных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аравки В.И., Нумеров С.И. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде. М., Гостехтеориздат, 1953.
2. Богомоллов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. М., Стройиздат, 1972.
3. Ведерников В.В. Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа. М., 1939.
4. Ведерников В.В. К теории дренажа. ДАН СССР, т. 59, № 6, 1948.
5. Кристеа Н. Подземная гидравлика. М., Гостехтехиздат, 1961.
6. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. М., Гостехтехиздат, 1949.
7. Павловский Н.Н. Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения. Изд. научно-мелиоративного института, 1922.
8. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М., Гостехтеориздат, 1952.
9. Троянский С.В., Белицкий А.С., Чехин А.И. Общая и горнорудничная гидрогеология. М., Гостехтехиздат, 1960.

УДК 626.862.4

Инж.-гидромелиоратор В.Н. ЧАВЫКИН,
инженеры-гидротехники
Л.В. МАМЕДОВА, М.М. АНДРЕЕВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАКРЫТЫХ ДРЕН С ПЕРЕМЕННОЙ ФИЛЬТРОВОЙ ЗОНОЙ

Основная цель дренажа — обеспечение максимально возможного эффекта при минимальных затратах средств и материальных ресурсов.

В соответствии с нормами Минводхоза СССР^{*} при определении расчетных величин водозахватной способности дренажа исходят из необходимости отвода расчетного стока только за вегетационный период. При этом все расчетные параметры дренажа определяют из условий установившегося режима. В действительности дренаж работает в неустойчивом режиме, как правило, круглогодично в условиях непрерывного изменения действующего напора и соответственно — дренажного стока.

На основании перспектив строительства дренажа в Туркменской ССР^{***} налаживается массовый выпуск гончарных труб на Байрам-Алийском (500 км труб в 1976 г.) и Чарджоуском (1075 км труб — проектная мощность) заводах при отсутствии требуемого количества высококачественных фильтровых материалов, что может привести к снижению темпов строительства дре-

^{*} ВСН-П-8-74. Инструкции по проектированию оросительных систем, часть УШ. Дренаж на орошаемых землях. М., 1975.

^{***} Ожидаемые объемы строительства дренажа в Туркменской ССР: плановая протяженность закрытого дренажа на 1976 год 350 км, на 1977 г. — 400, 1978 г. — 650, 1979 г. — 970 и 1980 г. — 1350 км; всего за пятилетие 3720 км.

нажа. Проведенные нами исследования показали, что потребность в фильтровых материалах для дренажа может быть снижена почти в два раза (при незначительном снижении водозахватной способности дрен) при условии учета его реальной работы за счет создания фильтровой зоны "прерывистого" типа. В зависимости от имеющихся фильтровых материалов прерывистая фильтровая часть выделяется в виде фильтровой зашиты только в зоне стыка гончарных труб, с применением пористых вставок из керамзитобетона или муфт из минерального волокна. При строительстве дрен могут применяться самые разнообразные трубы — полимерные (общей длиной до 6,0 м), асбоцементные безнапорные (длиной 3,0 и 4,0 м), керамические канализационные раструбные (длиной 1,2 м), а также гончарные раструбные (длиной 0,6 — 0,8 — 1,0 м).

В наших исследованиях рассматривались диаметры дренажных труб 150, 300 и 500 мм, изменение их длины в пределах 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; 1,2 ; 1,5 и 3,0 м и длины прерывистой фильтровой зоны в следующем диапазоне:

Шаг фильтра, м	Длина фильтра, м
3,0	0,3-0,6-0,9 и 1,5
1,5	0,15-0,30-0,45 и 0,75
1,2	0,12-0,24-0,36 и 0,60
1,0	0,025-0,05-0,15-0,25 и 0,50
0,8	0,08-0,16-0,24 и 0,40
0,6	0,01-0,02-0,10 и 0,30

Исследования проводились на пространственной электролитической модели ЭГДА в масштабе 1 : 10 (частота 1000 гц, напряжение 7,5 в, проводящая среда — дистиллированная вода). Модели дрен выполнены из меди с соответствующим покрытием электроизоляционным лаком. Методика исследований соответствует принятой для данного способа моделирования. На модели дренажа измерялась величина силы тока при постоянном значении удельного сопротивления электролита.

За водозахватную способность пористой дренажа (совершенной по степени вскрытия пласта) принималась величина силы тока неизолированной модели определенного диаметра при соответствующем удельном сопротивлении электролита и напряжении тока.

Некоторые результаты обработки экспериментов при использовании труб длиной 1,0 м представлены на рис. 1 и 2 в виде графика зависимости относительного расхода дрен $\bar{Q}$ от ширины слоя фильтрового покрытия e . Здесь принято, что $\bar{Q} = \frac{Q_e}{Q_{пор.}}$

где Q_e — расход дрена с шириной фильтрового покрытия, равной e ($e = 0,025 - 0,05 - 0,15 - 0,25$ и $0,50$ м);

$Q_{пор.}$ — расход дрена с сплошным фильтром (при $e = 1,0$ м). Анализ приведенной зависимости показывает, что с учетом реальной технологии строительства и возможных для применения в качестве фильтровых зон материалов целесообразно принимать

длину прерывистой фильтровой части дрен равной (в среднем) половине длины дренажной трубы. Причем шаг прерывистости (расстояние по осям фильтровых зон дрена) не должен превышать 1,2 м, поскольку при большей длине шага водозахватная способность дрена снижается на 18–25 %, что недопустимо.

Оптимальным можно считать использование дренажных труб при устройстве фильтрового покрытия в области их стыка (или шага прерывистости) в пределах 1,0 – 1,2 м с шириной слоя фильтра 0,5 – 0,6 м, при использовании пористых вставок из керамзитобетона и гончарных раструбиных труб размером 0,6 – 1,0 м. При меньших размерах фильтровых зон (0,5 длины тру-

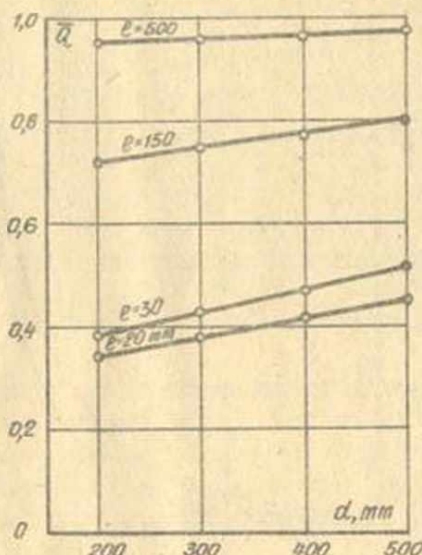


Рис. 1. Влияние длины прерывистой фильтровой зоны на расход дрена: — относительный расход дрена; — длина фильтрового слоя, мм; — диаметр дрена, мм

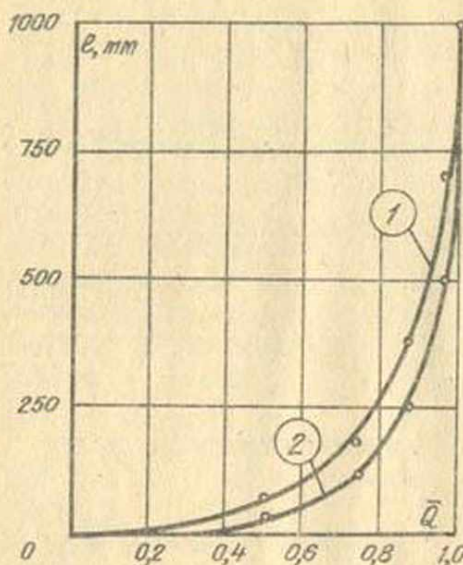


Рис. 2. Влияние диаметра дренажных труб на расход дрена с прерывистым фильтром при нагге прерывистости 1,0 м: $\bar{Q}$ — относительный расход дрена; l — длина фильтрового слоя, мм; 1 — при диаметре дрена 200 мм; 2 — при диаметре дрена 500 мм

льфы (пористые вставки-муфты). Из этих материалов может выполняться прерывистая фильтровая защита для всех типов труб (гончарные, керамические, асбоцементные и полимерные).

Трубофильтры на базе местного производства вспученного агломерата должны выполняться в соответствии с ВСН-02-65 и удовлетворять проектным требованиям ВСН-П-8-74.

Производственные типы дрена с прерывистым фильтром могут быть применены как при укладке вручную (метод "полки"), так и механизированным способом. Конструкции таких дрена разработаны

бы они оказывают возрастающее влияние на расход дрена (при прочих равных условиях), что может уменьшить водоохватную способность до 30 % от расхода дрена с сплошным фильтровым покрытием.

Устройство прерывистого фильтрового покрытия дрена может быть различным в зависимости от применяемых материалов. Требования же к фильтровым материалам, применяемым в дренаже стандартного типа (сплошная фильтровая защита) и с прерывистой фильтровой частью, в основном идентичны. Учитывая необходимость индустриализации производства и укладки дрена, в настоящее время наиболее подходящими можно считать местные минерально-волоконные материалы и трубофи-

в двух вариантах: создание фильтровой защиты из волокнистых материалов и фильтровой зоны из пористых трубофильтров-вставок. Если первый вариант целесообразно применять при любых типах дренажных труб, то второй вариант (пористые вставки) — в основном только при строительстве дрен с использованием гончарных раструбных труб длиной 0,6-0,8-1,0 м и керамических канализационных труб длиной 1,2 м. Применение второго варианта позволяет снизить потребность в гончарных трубах на 25-30 %, что несомненно эффективно в настоящее время, так как стоимость гончарных труб, выпускаемых в Туркменской ССР, пока высокая — около 2,4 руб. за 1 пог. м. В связи с этим стоимость пористых вставок дешевле стоимости гончарных труб.

Разработанные два типа дрен с прерывистой фильтровой частью предлагаются для опытно-производственных исследований и как наиболее отвечающие нашим местным условиям. Ожидаемый экономический эффект от применения дрен с прерывистой фильтровой зоной на каждые 10 км построенного дренажа такого типа составляет 22,6-25,6 тыс. руб.

УДК 626.862.4

Инж.-гидромелиоратор В.Н. ЧАВЫКИН,
инженеры-гидротехники
Л.В. МАМЕДОВА, М.М. АНДРЕЕВА

ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ МЕСТНЫХ ФИЛЬТРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДРЕНАЖЕ

В настоящее время находят широкое применение в дренаже неорганические волокнистые материалы на основе базальтового, стеклянного и других типов волокон [4]. С 1973 г. в СССР

действует ОСТ 33-10-73 [3], регламентирующий требования, предъявляемые к таким типам материалов. В данный ОСТ изделия из волокистых материалов на основе минерального волокна, вырабатываемого из отходов предприятий стройиндустрии и горных пород типа известняка, доломита и т.п., не были включены по причине недостаточной изученности их химической стойкости в агрессивной среде.

По данным ВНИИТеплоизоляции [1], в СССР к началу 1975 г. таких волокистых материалов вырабатывалось более 50 % всего объема изделий, выпускаемых Министерством стройматериалов СССР. Основное преимущество минерально-волокистых материалов перед другими, включенными в ОСТ 33-10-73, заключается в том, что они на 30-70 % дешевле. Это предопределяет хорошую экономическую эффективность их применения в дренаже при достаточной химической стойкости.

В Средней Азии также материалы вырабатываются в Туркменской и Узбекской ССР. В Туркменистане Безмеманским комбинатом стройматериалов выпускаются изделия из минерально-волокистых материалов в виде прошивных матов по МРТУ 7-19-68 и минеральных плит марки ПМ по ГОСТу 9573-66.

Отличительная особенность данных материалов по сравнению с другими, рекомендуемыми к применению ОСТом 33-10-73, заключается в значительном содержании в них окиси кальция - 24-35 %, а кремнезема - в пределах 42-47 %. Волокистые материалы, рекомендуемые стандартом, содержат не более 19 % окиси кальция и не менее 60 % кремнезема. При применении в дренаже волокистые материалы работают в условиях непрерывной фильтрации агрессивных грунтовых вод, испытывая воздействие многокомпонентных реакционных растворов с изменяющейся во времени концентрацией, скоростью проходящего потока и его температурой.

Известно, что при миграции растворов в земной коре протекают главным образом гетерогенные химические реакции между мигрирующим веществом и вмещающими породами. В гетерогенных процессах реагирующие вещества находятся в разных фазах, так что реакция идет только на границе фаз. И все это сильно осложняется факторами, связанными с транспортированием раство-

реального вещества в зону реакции. Характер такой гетерогенной реакции включает в себя несколько стадий. В частности, если жидкий раствор реагирует с твердым телом на поверхности, процесс складывается из подхода вещества к поверхности, акта химического взаимодействия и отвода вещества, образовавшегося в результате реакции, в объем раствора.

Процессы транспортирования веществ осуществляются за счет разности концентраций в объеме раствора и на реакционной поверхности, т.е. молекулярной диффузией или (при наличии потока реагирующих веществ) конвективной диффузией.

Суммарная скорость гетерогенного процесса определяется скоростями протекания отдельных стадий. Однако, если скорость одной из стадий много меньше, чем других, то скорость процесса определяется скоростью медленной стадии.

Исследования, проведенные Н. Лахаван в 1964 г. по определению коэффициента диффузии D в твердой фазе для минералов кальцита, доломита и CaCO_3 , показали, что коэффициент диффузии D имеет порядок $D = 10^{-20} \text{ см}^2/\text{с}$.

Таким образом, в реальных условиях работы волокнистых материалов в дренаже суммарная скорость гетерогенного процесса определяется диффузией гидратируемых элементов и сам процесс протекает в диффузионной или переходной области.

Оценка химической устойчивости местных минерально-волокнистых материалов проводилась "порошковым" методом по ГОСТу 101134-62 и методом "волокон" по методике А.Ф. Зака [2] с учетом специфики их работы в дренаже.

Анализ минерализации грунтовых вод и их солевого состава по всем оазисам Туркменской ССР показал, что в Тамаузском оазисе минерализация грунтовых вод в основном не превышает 35 г/л, в Чарджоуском - 22, в Мургабском - 35, в Ташкенском - 85-90 г/л. В ионном составе преобладают хлор и сульфат, а из катионов - натрий и магний, хотя соотношения их в каждом из оазисов различные. Все эти элементы оказывают определяющее реакционное воздействие за счет изменения ионной силы раствора, которая прямо пропорциональна концентрации их в растворе и зависит от характера преобладающих в нем ионов. Так, например, для ионов HCO_3^- коэффициент активности равен 0,016,

а для Mg — 0,17, т.е. в 10 раз больше. Поэтому были выбраны составы дренажных вод с наибольшей величиной ионной силы и приготовлены в лаборатории. В общем по разным составам величина ионной силы растворов изменяется от 0,02 до 1,91, т.е. почти в 100 раз.

Эксперименты проводились в лабораторных условиях на специальной установке, позволяющей в течение длительного времени изучать действие агрессивных вод на испытываемые материалы при значительных скоростях фильтрации, соответствующих натурным условиям. При этом были применены грунтовые воды с минерализацией 30, 60 и 120 г/л и элементарным составом, соответствующим одинаковой величине ионной силы, а также обычная оросительная и дистиллированная вода.

В качестве контрольных применялись изделия из волокнистых материалов, рекомендованных ОСТом 33-10-73, в частности, Мерфианского и Саратовского заводов, а также песчано-гравийные материалы, применяемые в настоящее время при строительстве дренажа в Туркменской ССР. Исследования проведены с материалами Джебельского, Белекского и Безмянинского карьеров, а также туркменским базальтом и аргиллитом.

Динамика выщелачивания кальция и магния рассчитывалась по результатам определения выхода их из испытываемых материалов химическим методом и методом пламенной фотометрии на ФПН, а кремнезема — фотоколориметрическим методом на ФЭК-60.

Исследованиями подтверждено значительное влияние величины реакционной поверхности (РП) на растворение силикатных систем. Однако величина РП сложным образом зависит от исходного химического состава материала и соотношения между объемом раствора и исследуемого вещества. Так, при увеличении РП в 10 раз выход в раствор кремнезема из базальтов возрастает в 2,2 раза, а из аргиллитов — в 1,2 раза. С учетом этого исследования проводились при величине реакционной поверхности, равной 1000 см^2 , одинаковой для всех образцов.

По результатам исследований химическая устойчивость материалов, используемых в дренаже, уменьшается по следующему ряду: аргиллиты, белекская смесь, базальт, минеральное волокно, джебельская смесь. Данный ряд составлен по динамике гидрата-

при кремнезема этих материалов, определяющего изменчивость их основных прочностных и фильтрационных свойств. Полевая проверка химической устойчивости местных минерально-волокистых материалов проведена на участке дрена из таких материалов, построенном в 1968 г. Тамаузским опорным пунктом. Сравнительный анализ химического состава минерального волокна до укладки в дренаж и через девять лет работы показал, что практически существенного изменения его не произошло при минерализации грунтовых вод до 20 г/л.

Таким образом, результаты проведенных нами исследований показали, что местные минеральные волокнистые материалы, содержащие окись кальция в пределах до 35 %, SiO_2 — не менее 40 % при модуле кислотности не менее 1,2, обладают достаточной стойкостью и могут быть применены для фильтровой защиты дрена. Включение этих материалов в действующий ОСТ 33-10-73 практически в два раза расширит номенклатуру волокнистых материалов, которые могут быть применены в водохозяйственном и мелиоративном строительстве в условиях аридной зоны СССР.

Общий объем выпуска местных изделий из искусственных минерально-волокистых материалов составляет около 100 тыс. м³ ежегодно. Учитывая, что они не соответствуют требованиям ОСТа 33-10-73, были проведены исследования их основных свойств в лабораторных и полевых условиях Тамаузским опорным пунктом и Каракумской опытно-мелиоративной станцией ТуркменНИИ-ГиМа. Исследования показали, что деформативные и фильтрационные свойства местных волокнистых материалов несколько отличаются от рекомендуемых ОСТом 33-10-73 (табл. I). Различия в свойствах в основном определяется технологией получения изделий и видами связующего и замасливателя.

Лабораторные исследования суффозионных и кольматационных свойств волокнистых материалов проводились как на плоских фильтрационных моделях, так и на крупноразмерном лотке с учетом влияния грунта нарушенной структуры обратной засыпки дренажной траншеи. Исследования подтвердили достаточно устойчивую работу таких фильтровых материалов и в песчаных, и в связных грунтах нарушенной структуры, имеющих определенную величину плотности и влажности.

Т а б л и ц а I

Изменение основных параметров
волокистых фильтровых материалов
от сжимающей нагрузки

Основные параметры фильтра	Нагрузка, кг/см ²				
	0,25 : 0,50 : 0,75 : 1,01 : 1,5				
Объемный вес по ОСТу 33-10-73, кг/м ³	150	240	280	320	350
Объемный вес матов, кг/м ³	370	440	500	550	630
Объемный вес плит марки ПМ, кг/м ³	240	310	330	370	400
Коэффициент фильтрации по ОСТу 33-10-73, см/с	0,46	0,29	0,23	0,18	0,15
Коэффициент фильтрации матов, см/с	0,07	0,04	0,03	0,025	0,018
Коэффициент фильтрации плит марки ПМ, см/с	0,38	0,22	0,17	0,13	0,10

Применение минеральных волокистых материалов в контакте с неуплотненными пересушенными грунтами нарушенной структуры (обратная засыпка дрен), а также с разжиженными связными грунтами приводит к тому, что фильтр из таких материалов снижает свою фильтрационную способность. Ниже приведены данные об изменении величины коэффициента фильтрации по толщине слоя фильтра для двух образцов из минеральных плит марки ПМ с начальной толщиной 100 мм и рабочей толщиной 25 и 17 мм (табл. 2) в процессе укладки в разжиженный грунт.

Учитывая, что в настоящее время отсутствуют механизмы для уплотнения обратной засыпки, и в районах строительства дренажа имеется в неограниченном количестве барханный песок, необходимо проводить дополнительную обсыпку дрен таким песком, так как его коэффициент фильтрации больше 1,6-1,8 м/сут. Коэффициент фильтрации грунтов дренируемой толщи не превышает 0,4-0,8 м/сут.

Полевые исследования дрен с волокистым фильтром и дополнительной обсыпкой барханным песком, проведенные Каракумской опытно-мелиоративной станцией ТуркменНИИГиМа, показали и х

достаточную эффективность.

Исследования климатической стойкости местных волокнистых материалов проведены в соответствии с ГОСТом 16350-70 и ГОСТом 17332-71 с учетом специфики условий их работы в дренаже.

Использовалась климатическая камера "Фейтрон 3001-01", с проверкой изменения свойств волокнистых изделий на прочность и деформативность через 10-50-100-200-300-500 циклов. Результаты оценки климатической стойкости минерального волокна (ГОСТ 4640-66), соответствующие его применению в дренаже, удовлетворительны.

Таким образом, при строительстве мелиоративного дренажа в Средней Азии могут применяться изделия из искусственных волокнистых материалов в виде прошивных матов и минераловатных плит марки ПМ, выпускаемых по ГОСТу 9573-66 и МРТУ 7-19-68, хотя последние и не включены в ОСТ 33-10-73.

Т а б л и ц а 2
Изменение коэффициента
фильтрации по толщине
закольматированного фильтра
из минволокна

Расчетный слой фильтра:	Коэффициент фильтрации, м/сут.
Исходная величина	140,0 130,0
Контакт с дренажной трубой, 0 мм	30,0 32,0
Через 5 мм	18,0 17,0
Через 10 мм	9,0 4,0
Через 15 мм	2,8 0,8
Контакт с грунтом: 25 мм/17 мм	0,4 0,6

Примечание. В числителе
приведены данные по образцу
№ 1, в знаменателе - по об-
разцу № 2.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Анчилов А.Я. Состояние и перспективы развития эффективных теплоизоляционных материалов. "Строительные материалы", 1974, № 7.

2. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стекляного волокна. М., Ростехиздат, 1962.

Таблица I

Изменение основных параметров
волокистых фильтровых материалов
от сжимающей нагрузки

Основные параметры фильтра	Нагрузка, кг/см ²				
	0,25	0,50	0,75	1,01	1,5
Объемный вес по ОСТу 33-10-73, кг/м ³	150	240	280	320	350
Объемный вес матов, кг/м ³	370	440	500	550	630
Объемный вес плит марки ПМ, кг/м ³	240	310	330	370	400
Коэффициент фильтрации по ОСТу 33-10-73, см/с	0,46	0,29	0,23	0,18	0,15
Коэффициент фильтрации матов, см/с	0,07	0,04	0,03	0,025	0,018
Коэффициент фильтрации плит марки ПМ, см/с	0,38	0,22	0,17	0,13	0,10

Применение минеральных волокистых материалов в контакте с неуплотненными пересушенными грунтами нарушенной структуры (обратная засыпка дрен), а также с разжиженными связными грунтами приводит к тому, что фильтр из таких материалов снижает свою фильтрационную способность. Ниже приведены данные об изменении величины коэффициента фильтрации по толщине слоя фильтра для двух образцов из минеральных плит марки ПМ с начальной толщиной 100 мм и рабочей толщиной 25 и 17 мм (табл. 2) в процессе укладки в разжиженный грунт.

Учитывая, что в настоящее время отсутствуют механизмы для уплотнения обратной засыпки, и в районах строительства дренажа имеется в неограниченном количестве барханский песок, необходимо проводить дополнительную обсыпку дрен таким песком, так как его коэффициент фильтрации больше 1,6-1,8 м/сут. Коэффициент фильтрации грунтов дренируемой толщи не превышает 0,4-0,8 м/сут.

Полевые исследования дрен с волокистым фильтром и дополнительной обсыпкой барханским песком, проведенные Каракумской опытно-мелиоративной станцией ТуркменНИИГиМа, показали и х

достаточную эффективность.

Исследования климатической стойкости местных волокнистых материалов проведены в соответствии с ГОСТом 16350-70 и ГОСТом 17332-71 с учетом специфики условий их работы в дренаже.

Использовалась климатическая камера "Фейтрон 3001-01", с проверкой изменения свойств волокнистых изделий на прочность и деформативность через 10-50-100-200-300-500 циклов. Результаты оценки климатической стойкости минерального волокна (ГОСТ 4640-66), соответствующие его применению в дренаже, удовлетворительны.

Таким образом, при строительстве малоразмерного дренажа в Средней Азии могут применяться изделия из искусственных волокнистых материалов в виде прошивных матов и минераловатных плит марки ММ, выпускаемых по ГОСТу 9573-66 и МРТУ 7-19-68, хотя последние и не включены в ОСТ 33-10-73.

Т а б л и ц а 2
Изменение коэффициента
фильтрации по толщине
закольматированного фильтра
из минерального волокна

Расчетный слой фильтра:	Кoeffициент фильтрации, м/сут.
Исходная величина	140,0 130,0
Контакт с дренажной трубой, 0 мм	30,0 32,0
Через 5 мм	18,0 17,0
Через 10 мм	9,0 4,0
Через 15 мм	2,8 0,8
Контакт с грунтом: 25 мм/17 мм	0,4 0,6

Примечание. В числителе
приведены данные по образцу
№ 1, в знаменателе - по об-
разцу № 2.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Анчилов А.Я. Состояние и перспективы развития эффективных теплоизоляционных материалов. "Строительные материалы", 1974, № 7.

2. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна. М., Ростехиздат, 1962.

3. О С Т 33 - 10 - 73. Фильтры дренажные из искусственных минеральных волокнистых материалов. М., 1973.

4. П и в о в а р Н.Г. Дренаж мелиоративных систем и гидротехнических сооружений с фильтрами из искусственных волокнистых материалов. Автореферат докторской диссертации. Минск, 1975.

УДК 626.8:69.03

Инженеры В.Н. МАМЕДОВ,
О. БИШИМОВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ТУРКМЕНСКОЙ С С Р

Темпы строительства закрытого горизонтального дренажа в Туркменской ССР очень низкие. На 1 января 1978 г. вместо требуемых по плану прироста орошаемых земель 7,4 тыс. км закрытых дрен построено всего около 1,5 тыс. км. Одной из основных причин отставания в этом виде мелиоративного строительства является применение в течение длительного времени в республике только малопродуктивного способа открытой укладки дрен, при котором отрывка траншей и ее засыпка осуществляются механизированно, а трудоемкие процессы по подготовке основания, укладке фильтра и труб — вручную.

В настоящее время укладка дрен на орошаемых землях при высоком уровне стояния грунтовых вод и наличии по трассе мелковересных и пылеватых грунтов выполняется двумя способами (табл. I) — открытым (метод на "полку") и комплексно-механизированным с использованием дреноукладчиков Д-659Б. Строительство дрен открытым способом выполняется в обрушающихся и

Таблица 2

Основные технико-экономические показатели
процесса укладки дрен бестраншейным способом

Показатели	Группа грунтов		
	I	II	III
Средне-максимальная твердость грунта, удар	4	8	15
Тяговое сопротивление при глу- бине резания 2,5 м, т.с.	35	50	90
Потребное тяговое усилие дре- ноукладчика, т.с.	52	65	101
Необходимое количество тракто- ров ДЗТ-250, шт.	2	3	4
Скорость укладки, м/мин	25,3	17,6	11,5
Производительность, м / смену	2240	2000	1690
Годовая выработка, м/год:			
с гравийным фильтром	250000	223200	187500
с тканевым фильтром	375000	338000	281200
Удельная протяженность дрен, м/га	100	150	167
Стоимость укладки I м, руб.:			
с гравийно-песчаным фильтром	5,62	5,5	5,5
с тканевым фильтром	4,4	4,4	4,4
Стоимость I га дренарования, руб.:			
с гравийно-песчаным фильтром	550	885	918,5
с тканевым фильтром	470	660	735

дреноукладчиков Д-659Б, в том числе в "Главкаракумстрое" 10 машин. Для выполнения требуемых объемов строительства дренажа такое количество дреноукладчиков явно недостаточно. С учетом достигнутой годовой выработки необходимо 69 машин, из которых 35 должны эксплуатироваться в зоне Каракумского канала. Однако увеличение парка дреноукладчиков и водопонижительного оборудования ограничено возможностями заводов-изготовителей. Поэтому возникает необходимость применять на строительстве закрытого горизонтального дренажа в специфических условиях Туркменской ССР новые более эффективные

способы укладки дрен. Одним из таких способов является бестраншейный, разработанный ВНИИТМом совместно с "Голодностепостроем" (табл. 2) [1, 4].

Как видно из табл. 1 и 2, применение разработанной ВНИИТМом технологии бестраншейного строительства закрытого горизонтального дренажа в условиях Туркменской ССР, где эффективность работы дрен обеспечивается среднегодовым модулем дренажного стока 0,14–0,2 л/с/га, в некоторых случаях экономически нецелесообразно. Уменьшение удельной протяженности дрен на 1 га возможно путем увеличения их водозахватной способности, ликвидации уплотнения грунта в придренной области, что в свою очередь требует изменения технологии бестраншейного строительства дренажа и конструкции рабочего органа. С изменением конструкции рабочего органа в целях увеличения диаметра укладываемых труб и размеров фильтрационной обоймы значительно возрастет сопротивление продвижению рабочего органа в грунте, потребное количество тракторов и, как следствие, стоимость укладки дрен.

Стандоме исследования, выполненные ТуркменНИИТМом в 1976–1977 гг., свидетельствуют о возможности уменьшения усилия резания путем подачи сжатого воздуха в зону резания. В отличие от известных в СССР и за рубежом технических решений, связанных с созданием воздушной прослойки между грунтом и режущим органом, т.е. газовой смазки, ТуркменНИИТМ проводит исследования по изучению разрушения грунта путем нагнетания воздуха в его поры. Опты показали, что снижение усилия резания

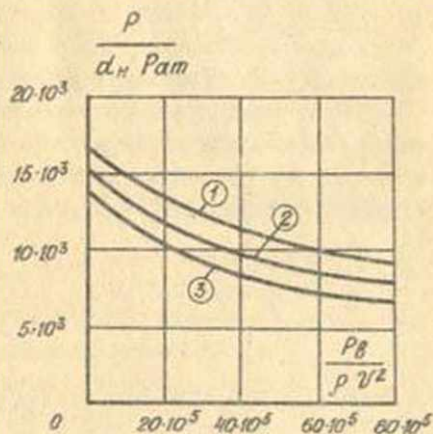


Рис. 1. График зависимости

1 – при $\alpha=90^\circ$; 2 –
при $\alpha=60^\circ$; 3 – при $\alpha=37^\circ$.

суглинистых грунтов (30-50 %) при работе ножей с воздушными струями на глубине 600 мм наблюдается при увеличении давления в воздушной системе до 0,5 МПа и расходе воздуха до $21,32 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$. При дальнейшем увеличении этих параметров уменьшение усилия резания происходит менее интенсивно. Это объясняется тем, что при давлении 0,5 МПа и расходе воздуха $21,32 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ происходит отрыв грунтового блока от основного массива грунта. Нож бестраншейного дренаукладчика в этом случае, оказывая давление лобовой гранью на отделившийся блок, выталкивает его по линии скольжения образовавшегося откоса. Движение грунтового блока по откосу сопровождается его разрушением по линиям скольжения.

При таком характере разрушения грунта отсутствуют пластические деформации и, как следствие, уплотнение грунта в нижней части ножа. Образование щели вдоль линии скольжения грунтового блока сопровождается выходом воздуха в атмосферу и снижением эффективности его воздействия на грунт. Поэтому при дальнейшем увеличении давления в воздушной системе и расхода воздуха уменьшение усилия резания суглинистых грунтов на глубине 600 мм происходит менее интенсивно.

В целях практического использования результатов исследований разработаны критерии подобия процесса взаимодействия дренаеров бестраншейных дренаукладчиков, оборудованных газоструйными аппаратами, с грунтом [2, 3]:

$$\frac{P}{P_{\text{ат}} \alpha_n^2} = f\left(\frac{P_{\text{воз}}}{\rho \cdot V}\right), \quad (I)$$

где $P_{\text{ат}}$ — атмосферное давление, МПа;
 α_n — диаметр насадка газоструйной системы, см;
 $P_{\text{воз}}$ — давление в воздушной системе, МПа;
 ρ — плотность воздуха при атмосферном давлении;
 V — скорость движения дренаукладчика, м/с.

Приведенные графики зависимости (I) для разных углов резания (рис. 1) позволяют определить требуемое давление в воздушной системе при заданных значениях диаметра насадка и скорости продвижения дренаукладчика. Для определения требуе-

мого расхода воздуха построена зависимость:

$$\frac{P}{P_8 H^2} = f\left(\frac{Q}{H^2 V}\right) \quad (2)$$

где P_8 — давление в воздушной системе, МПа;
 H — глубина укладки дрен, м;
 Q — расход воздуха, м³/ч;
 V — скорость движения дренаукладчика, м/с.

Графики зависимости (2) для разных углов резания приведены на рис. 2.

Рабочий орган бестраншейного дренаукладчика, оборудованный струйной системой, необходимо дополнить трехступенчатым. При работе такого органа первой ступенью (верхней), необорудованной газоструйной системой, грунт частично выносится на поверхность и частично уплотняется в стенки траншеи. Вторая ступень, выполненная по ширине меньше первой, высотой не более 60 см, оборудована газоструйной системой, что позволяет направлять срезаемый ею грунт в пазухи верхней ступени. Третья ступень высотой не более 40 см оборудована газоструйной системой, изготавливается уже второй, поэтому срезаемый ею грунт направляется в пазухи второй, а затем и в свои пазухи. Разрушение грунта газоструйной системой, которой оборудованы две ступени рабочего органа, позволит значительно снизить потребное тяговое усилие продвижению дренеров в грунте, его уплотнение в придренной области и повысит эффективность дрен.

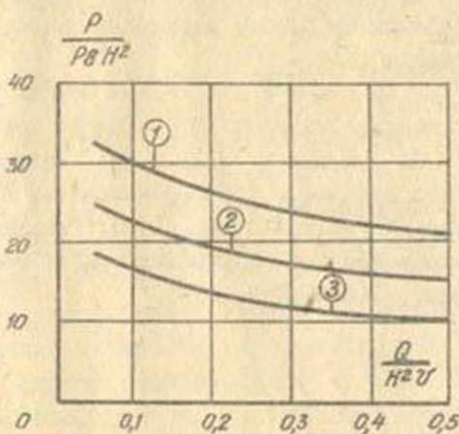


Рис. 2. Графики зависимости

- 1 — при $\alpha = 30^\circ$;
- 2 — при $\alpha = 60^\circ$;
- 3 — при $\alpha = 37^\circ$.

Осуществленный экономический эффект от разработанного способа строительства дренажа составляет 1194516 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.И. Пластмассовый дренаж в Голодной степи. В сб.: "Исследование прогрессивных способов дренажа засоленных земель Средней Азии". вып. II, Ташкент, САОВАСХНИИ, 1975.

2. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М., "Машиностроение", 1974.

3. Зелекин А.Н. Основы разрушения грунтов механическим способом. М., "Машиностроение", 1968.

4. Томин Е.Д. и др. Бестраншейный способ строительства дренажа и его эффективность в условиях высокого стояния уровня грунтовых вод. В сб.: "Исследование прогрессивных способов дренажа засоленных земель Средней Азии", вып. II, Ташкент, САОВАСХНИИ, 1975.

УДК 626.862.4

Канд. с.-х. наук О. НАЗАРМАМЕДОВ,
инж.-гидрогеолог Б. ИБРАГИМОВ

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В МУРТАВСКОМ ОАЗИСЕ

Муртабский оазис занимает почти 35 % орошаемой площади Туркменской ССР и является основным районом по возделыванию тонковолокнистых сортов хлопчатника. В настоящее время здесь орошается 276,3 тыс. га земель и создана крупная оросительная

система.

В последние годы в связи с расширением орошаемых площадей и увеличением вододачи наблюдается рост площадей с близким залеганием грунтовых вод. Например, по данным И.С. Рабочева и Н.М. Скорикной [2], до строительства Каракумского канала км. В.И. Ленина (1963 г.) вследствие низкого коэффициента земельного использования (0,3) и переложной системы землепользования площадь земель с глубиной залегания грунтовых вод до 3 м составила 1142 км². В 1974 г. в связи с ростом площадей орошаемых земель и с увеличением коэффициента земельного использования (до 0,4-0,5) площадь с глубиной залегания грунтовых вод менее 3 м достигла 1786 км² [1].

Для предотвращения засоления орошаемых земель в Мургабском оазисе с 1965 г. началось интенсивное строительство коллекторно-дренажной сети. Улучшение состояния орошаемых земель в основном осуществляется путем строительства горизонтальной открытой и закрытой сети. В 1976 г. средняя удельная протяженность коллекторно-дренажной сети здесь составила 21,2 пог.м на гектар орошаемой площади.

Для понижения уровня грунтовых вод в Мургабском оазисе до последнего времени применялся горизонтальный дренаж, хотя по материалам районирования дренажа, выполненного ТуркменНИИГиМом, здесь имеются площади земель, где возможно применение вертикального дренажа.

Геологические и гидрогеологические условия Мургабского оазиса затруднительны для применения вертикального дренажа. Однако на построенных в последнее время на территории г. Мары скважинах вертикального дренажа получены дебиты 15-20 л/с при зоне влияния 50-60 га. Относительно высокие дебиты скважин указывают на то, что этот вид дренажа здесь целесообразен. В настоящее время на территории овоще-бахчевого совхоза "Махтум-Кули" Векиль-Базарского района Марийской области построена система вертикального дренажа из 40 скважин.

Согласно исследованиям института "Туркментипроводхоз", грунты опытного участка представлены двухслойным комплексом, сложенным из аллювиальных отложений. Верхняя толща почвогрунтов мощностью 10-15 м, сложенная из суглинков и супесей,

имеют низкий коэффициент фильтрации, колеблющийся в пределах 0,1-0,5 м/сут. Однако распространение этих грунтов на плане не выдержано. Толщу суглинков и супесей подстилают тонкозернистые и мелкозернистые пески с коэффициентом фильтрации в среднем 1,74 м/сут. На основании анализа данных по глубоким скважинам за относительный водоупор принят слой плотных глин мощностью 8-10 м, залегающих на глубине 88-102 м. В среднем глубина залегания водоупора принята 90 м. Средний коэффициент водоподачи для грунтов водоносной толщи установлен по опытным откачкам - 0,1.

Учитывая, что другие орошаемые массивы расположены вблизи участка, где проведены детальные исследования, коэффициент фильтрации и мощность грунтов водоносной толщи приняты одинаковыми со вторым и третьим массивами.

На территории рассматриваемого массива в основном распространены лугово-аллювиальные орошаемые и тапировидно-луговые почвы. По механическому составу они представлены легкими и тяжелыми суглинками и супесями. Засоленные участки обычно приурочены к тяжелым и слабопроницаемым почвам.

Проектные расходы вертикальных скважин на первом и втором массивах установлены на основании опытных откачек и приняты в среднем 16 л/с. Общее количество скважин для этих массивов принято 15, в том числе две скважины на территории поселка совхоза. На третьем и четвертом массивах необходимое количество скважин установлено по аналитическим формулам - соответственно 14 и 11 скважин.

Бурение скважин производилось вращательно-поступательным способом с прямой промывкой станком УРБ-ЗАМ глубиной до 50 м от поверхности земли. Диаметр долота 650-1000 мм. Скважины заложены в следующих горизонтах: глухая часть - 0-18 м, фильтровальная часть - 18-41 м и отстойник - 41-50 м. Конструкция фильтра скважин проволоочная. Каркас рабочей части фильтра перфорированный в шахматном порядке с диаметром отверстий 29 мм. Количество отверстий на 1 пог.м 850-900 шт. Проволоочная спиральная обмотка с просветами 1,5-2,0 мм наложена на проволоочные ребра каркаса в количестве 8 штук. Диаметр проволоки спиральной обмотки на опорных ребрах 3 мм. Спиральная обмот-

на сделана из нержавеющей стали. Фильтровая часть скважины обсыпана белекской смесью с крупностью зерен от 0,05 до 30 мм объемом 1,0-1,2 м³ на 1 м фильтра.

Наряду со строительством вертикальных скважин сооружены открытые сбросные каналы, построена дренажная насосная станция, осуществлено электрооборудование скважин и насосной станции.

Открытые сбросные каналы расположены равномерно на расстоянии 500-800 м друг от друга при их общей протяженности 25,56 км, или 12 пог.м на 1 га.

Сумма всех расходов на строительстве 40 вертикальных скважин составила 867,59 тыс. руб., в том числе одной скважины - 24,36 тыс. руб. (табл. I).

Отсюда стоимость дренажирования одного гектара 490 руб.

Все скважины оборудованы погружными насосами В-8-40-65 с электродвигателем ПЭДВ-II-180 мощностью 11 квт. Эксплуатация вертикальных скважин осуществляется Марыйским ремонтно-строительным участком ЦМК "Дренастрой" Министерства мелиорации и водного хозяйства Туркменской ССР.

Для изучения колебания уровня грунтовых вод в направлении с севера на юг от эксплуатационной скважины 31 заложены створ медных наблюдательных скважин глубиной до 5 м. Наблюдательные скважины пробурены на расстоянии 50, 100, 200, 300, 400 и 500 м от эксплуатационной скважины.

Т а б л и ц а I
Стоимость строительства
вертикальных скважин
в совхозе "Махтум-Кули"

Наименование работ	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб.
Бурение скважин	40 шт.	410,00
Сбросные каналы, сооружения на них	25,56 км	10,10
Электрооборудование скважин	40 шт.	203,40
		7,90
Сумма всех расходов на строительство вертикального дренажа		254,40
		6,36
		867,59
		24,36

Примечание. В числителе указана общая сметная стоимость, в знаменателе - стоимость единицы выполненных работ.

Замеры глубин стояния уровня грунтовых вод по наблюдательным скважинам показали, что вблизи вертикального дренажа грунтовые воды залегают на глубине более 4-5 м. По мере удаления от него наблюдается повышение уровня грунтовых вод. Замерами фактических расходов скважин, проводившихся один раз в месяц в период исследований, установлено, что по истечении времени расходы почти не изменяются (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Величина расходов
действующих скважин
вертикального дренажа
в совхозе "Махтум-Кули"

Номер скважин	Расход, л/с	
	процент наим	фактиче- ский
8	13,7	14
9	13,7	14
10	13,7	11
15	13,7	11
17	13,7	13
18	11,6	15
19	9,6	10
31	13,7	10
32	11,6	12
35	11,6	12
36	13,7	12
52	13,7	12
53	9,6	10
54	13,7	12

Вместе с тем следует отметить, что большинство скважин по различным причинам в течение года не работает. В настоящее время из 25 эксплуатируемых скважин в среднем в месяц работают 5-6.

Коэффициент полезной работы по проекту принят равным 0,7. Фактически же, по данным наших исследований, в 1977 году он не превышал 0,3-0,4.

Результаты наших двухлетних исследований показывают, что в процессе строительства и эксплуатации вертикальных скважин в совхозе "Махтум-Кули" допущено много ошибок. Главной из них является применение устаревшей технологии строительства с прямой промывкой, что обуславливает кольматацию стенок скважин. При применении дричатых фильтров вместо каркасно-стержневых увеличивается сопротивление в прифильтровой зоне. Кроме того, скважины сдаются в эксплуатацию через 1-2 го-

да после завершения строительства. Все это приводит к уменьшению дебита скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. Сб. научных трудов САНИРИ, вып. 139, 143, 144, Ташкент, 1975.

2. Рабочев И.С., Скоркина Н.М. Влияние Каракумского канала на водный и солевой режимы Мургабского и Тедженского оазисов. В сб.: "Мелиорация пустынных земель Туркменистана", Ашхабад, "Низа", 1968;

УДК 621.879.34

Инж. М. ХУДАЙБЕРГОВ

ИСПЫТАНИЕ ЭКСКАВАТОРНОГО КОВША НА ОЧИСТКЕ БЕТОНИРОВАННОГО КАНАЛА

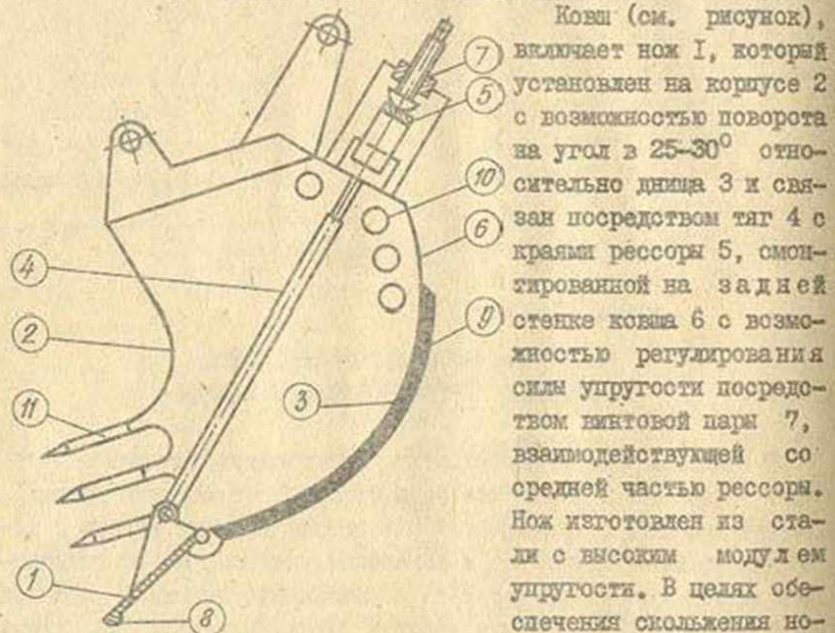
В нашей стране строительство оросительных каналов с бетонным покрытием в последние годы приобретает широкий размах.

Действующие в Туркменской ССР бетонированные каналы с течением времени заиливаются и зарастают камышом. Из-за отсутствия машин, способных работать в указанных условиях, очистка в большинстве случаев выполняется вручную, каналы на время очистки перекрываются. В некоторых организациях, занимающихся строительством и эксплуатацией оросительных систем, для очистки бетонированных каналов применяются экскаваторы общего строительного назначения. Производительность при этом снижается в 3-4 раза, качество очистки бывает неудовлетворительным и нередко случаются повреждения облицовочного слоя, что требует сложных ремонтных работ.

Одной из актуальных проблем в эксплуатации мелиоративных

систем является механизация работ по содержанию оросительных каналов, в частности облицованных твердым покрытием, в рабочем состоянии.

С 1976 г. в Туркменинии проводятся исследования по разработке технологии механизированной очистки бетонированных каналов от заиливания и растительности. На основании результатов предварительных исследований по резанию заросшего заиливания в бетонированном канале разработан новый экскаваторный ковш для работы в облицованном русле.



Экскаваторный ковш для очистки бетонированных каналов:

- I - нож; 2 - корпус; 3 - днище;
4 - тити; 5 - рессора; 6 - задняя
стенка; 7 - винтовая пара; 8 -
прилив; 9 - слой резины; 10 - от-
верстия для стока воды; II - вилл

часть ножа с задней поверхности имеет прилив 8 цилиндричес-

Ковш (см. рисунок), включает нож I, который установлен на корпусе 2 с возможностью поворота на угол в $25-30^\circ$ относительно днища 3 и связан посредством тити 4 с краями рессоры 5, смонтированной на задней стенке ковша 6 с возможностью регулирования силы упругости посредством винтовой пары 7, взаимодействующей со средней частью рессоры. Нож изготовлен из стали с высоким модулем упругости. В целях обеспечения скольжения ножа по поверхности облицовки при наличии на ней неровностей и создания одновременно благоприятных условий для отслаивания грунта, "прошитого" корневой системой растений, режущая

кой формы. Наружная часть дна ковша выполнена из слоя резины 9. Вследствие того, что нож может поворачиваться и подпружинен рессорой с регулируемой силой упругости, создается возможность постоянно поддерживать контакт режущей части ножа с облицовкой при изменении в процессе набора грунта зазора между дном ковша и поверхностью канала.

Экспериментальный образец ковша изготовлен на ПИБ с ЭП ТуркменНИИГиМа применительно к гидравлическому экскаватору Э-153. Емкость ковша составляла $0,2 \text{ м}^3$. Испитания проводились на очистке бетонированного канала МК-1 в Гидурском районе Алжарбадской области.

Экскаватор с экспериментальным ковшом первоначально работал на участке канала шириной по дну 1,5 м, с заложением откосов 1:1,5 и глубиной 1,5 м при наполнении канала 0,7 м. Толщина слоя заиления составляла: на дне - 0,3 м, на откосах - 0,5 м; высота камыша - 2,0-2,5 м при диаметре стеблей 7-10 мм. На 100 см^2 площади заиления приходилось 8-12 стеблей. Объем заиления на 1 пог.м канала составил 0,8-1,0 м^3 .

В начале процесса копания машинист экскаватора обычными приемами направлял ковш на соприкосновение с грунтом и производил врезание под слой наносов. Очистка дна и откосов канала от наносов, заросших растительностью, производилась перемещением ковша по поверхности облицовки в плоскости, перпендикулярной к оси канала, при этом экскаватор периодически перемещался вдоль одного из его откосов.

Результаты в первые дни испытаний показали, что происходит полное удаление ила с облицовки канала без ее повреждения. Грунт, заросший камышом, отделялся от бетона монолитной массой, размеры которой превышали ширину ковша. При этом камыш препятствовал наполнению ковша, наблюдались и случаи, когда ил выпадал на откос у бровки канала. В процессе подвального копания в ковш набиралась вода, также препятствуя его наполнению.

Для устранения этих недостатков проведена реконструкция опытного образца ковша. На боковых стенках были просверлены отверстия 10 для стока воды и приварены вилы 11, чтобы удерживать в ковше заросший камышом грунт.

Производственные испытания ковша были продолжены на участке канала шириной по дну 1,5 м, с заложением откосов 1:1,5, при наполнении 1,2 м. Толщина слоя заиления составила: на дне - 0,5 м, на откосах - 0,8 м, высота камыша - 2,0-3,5 м при диаметре стеблей 8-16 мм. На 100 см² площади заиления приходилось 10-15 стеблей. Объем заиления на 1 пог.м канала составлял 2,0-2,3 м³.

Очищенный 10-метровый участок канала свидетельствовал о высоком качестве очистки, причем бетонная облицовка его оставалась неповрежденной.

Таким образом, по данным производственных испытаний, экскаваторный ковш новой конструкции позволяет производить механизированную очистку дна и откосов бетонированных каналов от заиления с растительностью без повреждения их облицовки. При движении экскаватора, оборудованного этим ковшом, вдоль откоса создается возможность очищать бетонированные каналы различных типоразмеров без перекрытия их русел.

Рекомендуемый ковш экскаватора целесообразно использовать для очистки бетонированных каналов межхозяйственной и внутрихозяйственной сети в тех районах Советского Союза, где в силу климатических условий происходит их интенсивное зарастание.

УДК 631.587(255)+631.67.03.003.13

Канд. эконо. наук А. КУЛОВ,
экономист К. САХАТОВА,
математик К. РАХМАНОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ И ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

Зона Каракумского канала характеризуется значительными

ресурсами земель, пригодных для орошаемого земледелия. В связи с его строительством стало возможно освоение больших земельных массивов в южных районах Туркменской ССР. Сейчас в зоне Каракумского канала сосредоточено 59,6 % общей площади орошаемых земель республики. За годы девятой пятилетки площадь орошаемых земель увеличилась на 105,6 тыс. га, объем подачи воды на орошение - в 1,3 раза, а валовой сбор хлопка-сырца - на 59,8 тыс. т. В настоящее время в хозяйства этой зоны подается около 40 % всего водозабора из Амударьи.

Освоение новых орошаемых земель требует 3-6 тыс. руб., улучшение освоенных - 0,5-2,0 тыс. руб. капитальных вложений на один гектар. Поэтому основным показателем экономической эффективности использования водных ресурсов в орошении является рост производства сельскохозяйственной продукции, производительности труда и чистого дохода (на рубль производственных затрат). Более полную оценку эффективности дают показатели выхода валовой продукции и чистого дохода на 1 м³ поданной хозяйству оросительной воды (табл. I).

В хозяйствах зоны Каракумского канала, где в 1976 г. в среднем на 1 га орошаемой площади подано 15,7 м³ воды, с каждого орошаемого гектара получено: валовой продукции - 1116,9 руб., валового дохода - 780,6 руб., чистого дохода 304,0 руб.; на 1000 м³ оросительной воды - соответственно 70,9 руб., 49,6 и 19,3 руб. Эти показатели свидетельствуют о высокой эффективности использования орошаемых земель и оросительной воды в зоне Каракумского канала.

Одним из важнейших специфических показателей, применяемых для характеристики использования орошаемых земель, является коэффициент земельного использования. В 1976 г. он возрос по сравнению с 1971 г. на 10 %.

В условиях орошения повышение эффективности производства и экономическое укрепление каждого хозяйства зависят от правильного, наиболее продуктивного использования поливных земель. Но и тогда в результате интенсивного освоения новых земель и строительства крупных водохозяйственных объектов показа и вновь развивающихся хозяйств временно могут оказаться сколько ниже по сравнению с уже сформировавшимися

Таблица I

Основные показатели
эффективности орошения в хлопкосеющих
колхозах Анжабадской и Марийской
областях за 1976 г.

Группы по фактической водоподаче, тыс. м ³ /га	Колхозов в группе	Орошаемая площадь, га	Подача воды в среднем, тыс. м ³ /га	Валовая продукция, руб.	Валовой доход, руб.	Чистый доход, руб.	Рентабельность, %
До 11,0	15	47,4	9,8	<u>879,2</u> 90,0	<u>572,5</u> 58,6	<u>180,4</u> 18,5	24,7
11,1-13,0	23	75,5	12,3	<u>1032,8</u> 83,9	<u>694,1</u> 56,3	<u>213,5</u> 17,3	26,4
13,1-15,0	36	112,4	14,5	<u>1100,9</u> 76,2	<u>609,4</u> 42,2	<u>254,5</u> 17,6	30,3
15,1-17,0	24	78,6	15,7	<u>1116,9</u> 70,9	<u>780,6</u> 49,6	<u>304,0</u> 19,3	37,9
17,1-19,0	10	20,5	18,1	<u>1100,4</u> 60,9	<u>701,8</u> 38,8	<u>208,7</u> 11,6	23,1
свыше 19,1	7	17,7	20,5	<u>1372,1</u> 67,1	<u>915,1</u> 44,7	<u>320,1</u> 15,6	31,6

Примечание. В числителе - на 1 га орошаемой площади, в знаменателе - на 1000 м³ оросительной воды.

районами орошения (табл. 2). Из сопоставления показателей видно, что в Марийской области в среднем за 1973-1976 гг. произведено валовой продукции на 1 га орошаемых земель больше, чем в Анжабадской, на 88,6 руб., на 1000 м³ оросительной воды - соответственно около 10,0 руб. Рост уровня валового и чистого доходов во многом зависит от урожайности сельскохозяйственных культур. По мнению ученых, в первые три года освоения новых орошаемых земель колебание урожайности от 14,0 - до 16,0 ц/га считается нормальным. Поэтому несколько более низкая урожай-

Т а б л и ц а 2

ность хлопчатника по Ашхабадской области, составившая 14,4 ц/га, не является следствием плохой организации работ, а объясняется объективными процессами развития хозяйств.

По данным Министерства мелиорации и водного хозяйства Туркменской ССР, в 1976 г. общая протяженность коллекторно-дренажной сети составила: в Ашхабадской области - 2229,5 км, в Марыйской - 4974,7 км, удельная протяженность - соответственно 10,3 и 17,0 пот. м/га. При имеющейся здесь площади орошаемых земель 507,6 тыс. га обеспечено дренажом 24,7 %, в проведении капитальной планировки и качественном улучшении нуждаются 67,2 %, переустройстве и реконструкции оросительной сети - 47,8 %.

По данным обследования качественного состояния орошаемой пашни, в Ашхабадской области слабозасоленные земли составляют 73,6 %, среднезасоленные - 18,6 %, сильнозасоленные - 7,8 %; в Марыйской области - соответственно 67,6 %, 22,6 % и 9,7 %. В результате засоленности орошаемых земель падает продуктивность и снижается урожайность. Это в свою очередь влияет на выход валовой продукции, на по-

Сопоставление показателей по Марыйской - староорошаемой и Ашхабадской - новоорошаемой областям

Показатели	В среднем за 1973 - 1976 гг.
Производство валовой продукции, руб.:	
на 1 га орошаемых земель	<u>1131,80</u> 1220,40
на 1000 м ³ оросительной воды	<u>70,40</u> 80,30
Производство чистого дохода, руб.:	
на 1 га орошаемых земель	<u>249,80</u> 324,70
на 1000 м ³ оросительной воды	<u>18,30</u> 21,30
Получено на 1 руб. производственных затрат, руб.:	
валовой продукции	<u>1,29</u> 1,28
валового дохода	<u>0,91</u> 0,99
чистого дохода	<u>0,36</u> 0,36
Урожайность хлопчатника, ц/га	<u>14,40</u> 17,40

Примечание. В числителе - по Ашхабадской области, в знаменателе - по Марыйской.

лучение валового и чистого дохода. По расчетам, каждый гектар мелиорированной площади дает эффект около 85 руб., каждый процент прироста спланированных земель позволяет увеличить объем валовой продукции на 1 га пашни до 10 руб. Поэтому важным резервом роста продуктивности орошаемого сельскохозяйственного производства в зоне Каракумского канала является повышение уровня использования оросительной воды и орошаемых земель в сочетании с прогрессивными агротехническими приемами и мелкоративными мероприятиями.

УДК 631.674.5:633.511

Канд. техн. наук Х.А. АМАНОВ,
инж.-гидромелиоратор Б. ГУЛБЕРДИЕВ,
инж.-гидролог А. САХАРОВ,
агроном В.Г. ХРИПКО

ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА ДОЖДЕВАНИЕМ В ТУРКМЕНСКОЙ ССР

В последние годы в широких масштабах начинает внедряться дождевальная техника, обеспечивающая возможность механизации поливов.

Исследования по изучению поливов хлопчатника дождевальной машиной ДДА-100М проведены в Марыйской и Чарджоуской областях Туркменской ССР на полях Каракумской и Чарджоуской опытно-мелиоративных станций ТуркменНИИТыМа^{*}. Участки, где поли-

^{*} Б. Гулбердиев, А. Сахаров (КОМС), В.Г. Хрипко (ЧОМС). Техничко-экономические и эксплуатационные показатели работы и оценка существующей и новой дождевальной техники, средств механизации и внутриучастковой оросительной сети. Научно-технические отчеты ТуркменНИИТыМа за 1974 г.

Х.А. Аманов, Б. Гулбердиев, А. Сахаров, В.Г. Хрипко. По-

ны хлопчатника проводились дождеванием, по своей почвенно-мелиоративной характеристике типичны для орошаемых земель указанных областей.

На Каракумской опытно-мелиоративной станции опыты проводились на легких и тяжелых почвах с объемным весом в слое 0-100 см, соответственно 1,45 и 1,55 г/см³. Глубина залегания минерализованных грунтовых вод (содержание солей в начале вегетации 9-16 г/л, в конце - 5,5-14 г/л) до промывных поливов 1,5-1,9 м, в период вегетации 1,0-1,7 м.

При поливе дождеванием урожаи хлопка-сырца на легких почвах составили 32,0-39,7 ц/га, на тяжелых - 20,6-31,2 ц/га при оросительной норме соответственно 4000-4500 и 3240-4000 м³/га, т.е. в среднем увеличился на 8,3 и 2,1 ц/га при уменьшении

оросительной нормы на 2600 и 2300 м³/га по сравнению с бороздочным способом полива.

Таблица I
Поливной режим и урожайность
хлопчатника при разных способах
полива на легких и тяжелых
почвах

Год	Число поливов	Норма полива, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Урожай, ц/га	Затраты воды, м ³ /ц
Легкая почва					
1971	9	300 - 700	4400	39,7	111
	7	850 - 1300	7800	30,5	256
1972	9	400 - 700	4500	36,3	126
	6	900 - 1200	6600	26,3	250
1974	8	400 - 700	4000	32,0	124
	5	1000 - 1200	5600	26,5	211
Среднее	9	400 - 700	4300	35,0	120
	6	900 - 1200	7000	27,7	239
Тяжелая почва					
1971	7	400 - 650	3600	24,9	145
	6	600 - 1300	5470	27,3	200
1972	7	400 - 680	4000	22,5	176
	6	900 - 1200	5800	19,7	195
1973	7	400 - 600	3560	31,2	113
	5	900 - 1200	5150	24,8	204
1974	7	350 - 600	3240	20,6	158
	5	1000 - 1200	5560	18,9	294
Среднее	7	400 - 600	3600	24,0	148
	6	850 - 1200	5500	22,7	223

Примечание. В числителе - при дождевании, в знаменателе - при бороздочном способе полива.

для хлопчатника дождеванием в условиях Марыйской и Чарджоуской областей Туркменской ССР. Тезисы докладов среднеазиатского совещания "Итоги научных и экспериментальных исследований применения дождевания в хлопковой зоне Средней Азии", Ташкент, 1976.

внению с поливом по бороздам (табл. 1). На легких почвах проводилось 9 поливов дождеванием, на тяжелых — 7 при 6 поливах по бороздам (контроль). Поливная норма на участках применения дождевания колебалась от 300 до 700 м³/га, на полях бороздкового полива — от 900 до 1300 м³/га. Расход воды на один центнер хлопка-сырца в среднем составил соответственно 120–148 и 223–239 м³. Потери воды на испарение от всадов до поверхности земли и снос ветром — 14–16 % полезной нормы.

Водопотребление хлопчатника в условиях Мургабского оазиса при поливе дождеванием и по бороздам изучалось методом лизиметров. Почвы в лизиметрах, где поливы проводились дождеванием, легкие, по бороздам — тяжелые. Величина суммарного испарения за период вегетации (с апреля по октябрь) при глубине залегания грунтовых вод от 1 до 2 м составила: при поливе дождеванием — 10460–11950 м³/га, при бороздковом поливе — 13760–14510 м³/га (табл. 2). При этом хлопчатник использовал из грунтовых вод соответственно 3470–5230 и 5600–6340 м³/га. Максимальная величина суммарного испарения наблюдается в июле-августе. За этот период поем хлопчатника расходуется в среднем 40–47 % влаги.

Наибольший урожай хлопка-сырца — 51,8–60,4 ц/га — получен при глубине стояния грунтовых вод 1 м. Расход оросительной воды на один центнер хлопка-сырца составил: за период вегетации — 73–112 м³, за год — 126–193 м³. Минерализация грунтовых вод в лизиметрах колебалась от 4 до 8 г/л. Содержание солей в почве в зоне аэрации и грунтовой воде к концу вегетации увеличивается.

Почвогрунты опытного участка Чарджоуской опытно-мелиоративной станции до глубины 2 м представлены средними и тяжелыми суглинками. Глубина залегания грунтовых вод на опытных участках в вегетационный период изменялась от 0,8 до 1,8 м при минерализации их от 2 до 7 г/л. Объемный вес почвы в слое 0–100 см 1,7 г/см³, предельная полевая влагемкость составляла 20 %.

При поливе дождеванием в основном изучались поливные нормы 800, 600 и 400 м³/га (табл. 3). При поливной норме 800

Таблица 2

Расход воды в лизиметрах
и урожай хлопка-сырца (среднее за
1972-1974 гг.)

Глубина залегания грунтовых вод, м	Промыш- ная норма, м ³ /га	Ороси- тель- ная норма, м ³ /га	Суммарное испарение*		Уре- жай хлоп- ка- сырца, ц/га	Затра- ты оро- ситель- ной во- ды на м ³ /ц
			в том числе			
			из грунтовых вод	%		
Полив дождеванием						
I	3100	4500	<u>14520</u>	<u>5870</u>	<u>40,9</u>	<u>75</u>
			11950	5230	43,8	126
2	3350	4680	<u>12760</u>	<u>4030</u>	<u>31,5</u>	<u>105</u>
			10460	3470	33,6	181
I,0 - 2,0	3400	4580	<u>13780</u>	<u>4830</u>	<u>34,8</u>	<u>110</u>
			11050	4260	38,7	193
Полив по бороздам						
I	3570	3780	<u>17720</u>	<u>7550</u>	<u>42,8</u>	<u>73</u>
			14510	6340	45,8	142
I,0 - 2,0	3580	5400	<u>16910</u>	<u>6490</u>	<u>38,4</u>	<u>112</u>
			13760	5600	40,5	186

Примечание. * В числителе - за год, в знаменателе - за пе-
риод вегетации. ** В числителе - за период вегетации, в зна-
менателе - всего.

м³/га на тяжелых почвах образуется сток, в связи с чем тре-
буется нарезка поливных борозд и планировка полей. Затраты
воды на один центнер хлопка-сырца при этом увеличиваются.

Применение дождевального агрегата ДДА-100М для орошения
хлопчатника при близком залегании минерализованных грунтовых
вод связано с изменением засоленности почвогрунтов в метро-
вом слое (табл. 4).

Таблица 3

Поливной режим и урожай
хлопка-сырца при поливе дождеванием

Год	Число поливов	Норма полива, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Урожай, ц/га	Затраты воды, м ³ /ц
1968	8	400-1200	5840	34,4	170
1969	4	800	3030	22,8	136
	5	600	3090	19,8	156
	5	400	2190	16,6	127
1970	5	500-900	4025	26,8	145
	7	600-700	4280	24,8	173
	II	300-400	4310	25,3	171
1972	6	500-1000	4290	22,0	224

На легких почвах Каракумской опытно-мелиоративной станции при поливе дождеванием оросительной нормой 4000-4700 м³/га засоленность почвогрунтов в конце вегетации увеличилась незначи- тельно, на тяжелых почвах при оросительной норме 3200-4000 м³/га солей в почве накопилось больше.

На засоленных почвах Чарджоуской опытно-мелиоративной станции при оросительной

Таблица 4

Изменение засоленности
почвы в слое 0-100 см
при поливе дождеванием

Год	Оросительная норма, м ³ /га	Сухой остаток, %	Хлор, %
I	2	3	4

Каракумская опытно-мелиоративная станция

Легкая почва

1971	4700	0,142	0,024
		0,137	0,018
1972	4570	0,298	0,041
		0,414	0,094

норме 2770-5840 м³/га в конце вегетации происходило рассоление почв. При этом лучший урожай хлопка-сырца получен по варианту, где полив хлопчатника проводился нормой 800 м³/га.

С увеличением поливной нормы сменные нормы выработки дождевального агрегата ДДА-100М при поливе хлопчатника уменьшаются:

Поливная норма, м ³ /га :	Сменная норма выработки, га
120	II,2

I	2	3	4
1974	4000	<u>0,273</u> 0,306	<u>0,030</u> 0,044

Тяжелая почва

1971	3600	<u>0,186</u> 0,235	<u>0,031</u> 0,037
1972	4000	<u>0,347</u> 0,364	<u>0,086</u> 0,078
1973	3560	<u>0,433</u> 0,496	<u>0,067</u> 0,061
1974	3240	<u>0,297</u> 0,446	<u>0,031</u> 0,090

Чарджоуская опытно-мелиоративная станция

1968	5840	<u>0,800</u> 0,600	<u>0,100</u> 0,020
1969	2770	<u>1,300</u> 0,700	<u>0,400</u> 0,020
1972	4290	<u>0,400</u> 0,400	<u>0,060</u> 0,030

Примечание. В числителе - весной, в знаменателе - осенью.

янный уровень воды в оросителе, что даст возможность трактору обходиться без поливальщика и ликвидирует опасность затопления поля во время вынужденной остановки. Трехсменная работа агрегата также будет способствовать увеличению сменной производительности и высокой сезонной выработки.

340	5,6
540	3,2
830	2,8
1060	1,6

Среднесезонная нагрузка на дождевальный агрегат ДДА-100М составит 70-80 га, а выработка - 600 га. Как показали исследования, основными недостатками этого агрегата являются поломки насосной системы и несовершенство коробки передач.

Большие резервы производительности агрегата заключаются в конструктивном увеличении производительности его насоса. Необходимо также применить такую автоматизацию на оросительной сети, которая позволила бы во время полива поддерживать постоянный

Канд. с.-х. наук Д. ШЕРИПОВ,
инженеры О. СКИДОВ, А. САХАРОВ, О. НУРСАХАТОВ

ОПЫТ ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА
ЗАКРЫТОЙ СЕТЬЮ В УСЛОВИЯХ
МУРГАВСКОГО ОАЗИСА

В Туркменской ССР подавляющая часть площади посевов хлопчатника и других сельскохозяйственных культур хлопкового севооборота поливается вручную с помощью густой сети земляных оросителей при больших затратах труда и средств.

На участке им. Буденного колхоза "Ленинград" Туркменкалинского района Марыйской области была построена современная закрытая оросительная сеть. Общая площадь участка им. Буденного 479 га. Почвы пахотного горизонта на всей территории участка представлены суглинками и глинами с коэффициентом фильтрации 0,1 м/сут. Глубина залегания грунтовых вод колеблется в пределах 1,6-3,0 м. Поверхность рассматриваемой территории имеет незначительный уклон с юго-запада на северо-восток в пределах 0,002-0,0005.

С целью разработки рекомендаций по внедрению закрытой оросительной сети в других хлопководческих хозяйствах республики проведены исследования по изучению различных технологий полива.

В опытах изучалась равномерность распределения поливных струй по длине закрытых трубопроводов.² Расход воды, вытекающей из отверстий, измерялся треугольными водосливами. Диаметр отверстий по всей длине трубопровода 7 мм.

² На примере трех трубопроводов.

Т а б л и ц а I

Распределение поливной
струи по длине
трубопровода

Разность отметок от начала до конца телескопического трубопровода П-1-2-2 длиной 364 м составляет 0,16 м. Трубопровод уложен с положительным уклоном.

Результаты опытов показали (табл. I), что трубопровод большой длины при различном режиме обеспечивает нормальное распределение поливной струи по всей его длине. Колебание поливных струй по длине трубопровода составляет 9-14 %. При этом средний показатель вполне допустим для бороздочного полива в данных почвенно-мелиоративных условиях.

В исследованиях по изучению закрытой оросительной сети малокучтен вопрос образования воронки разрыва. Для связных грунтов многие авторы предлагают безфильтровую обсыпку воронки. С увеличением глубины заложения поливного трубопровода (>40 см) при выходе поливная струя образует, даже в связных грунтах, воронку значительного размера.

На опытном участке предусмотренная проектом безфильтровая обсыпка поливных трубопроводов осуществлена многократным проходом бульдозера по мере выхода поливных струй

Расстоя- :
ние от : Опыт - : Опыт 2 -
начала : 1-18/УШ: 3/IX -
трубопро: 1977 г.: 1977 г.
вода, м : :

24,3	<u>0,167</u> 105	<u>0,277</u> 106
51,3	<u>0,160</u> 101	<u>0,266</u> 102
93,6	<u>0,157</u> 99	<u>0,256</u> 98
112,5	<u>0,157</u> 99	<u>0,254</u> 97
138,6	<u>0,157</u> 99	<u>0,254</u> 97
185,4	<u>0,145</u> 91	<u>0,256</u> 98
210,6	<u>0,157</u> 99	<u>0,256</u> 98
234,9	<u>0,163</u> 103	<u>0,260</u> 100
253,8	<u>0,157</u> 99	<u>0,264</u> 101
292,5	<u>0,167</u> 105	<u>0,277</u> 106
360,0	<u>0,157</u> 99	<u>0,256</u> 98
Средняя	<u>0,159</u> 100	<u>0,261</u> 100

Примечание. В числителе -
величина поливной струи в м/с,
в знаменателе - в % от средней.

на поверхность предыдущего слоя грунта. При такой технологии выполнения обсыпки поливные отверстия остаются открытыми и обеспечивается свободный выход поливных струй на поверхность земли.

С началом вегетационных поливов у выхода поливных струй образуется воронка размыва, которая к концу поливного периода достигает значительных размеров (диаметр по верху 80-100 см), что препятствует передвижению пропашных тракторов. Исследованиями установлены две области формирования воронки (см. рисунок 5).

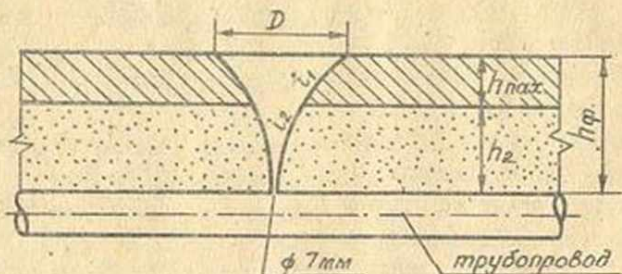


Схема образования воронки.

Характерная особенность первой области заключается в том, что при относительно меньшей глубине $h_{пах}$ образуются пологие откосы i_1 . Происхождение этого явления обусловлено тем, что при обработках (пахота, культивация и др.) почвы пахотного горизонта разрыхляются. Уплотненность почвогрунтов от поверхности к нижним горизонтам увеличивается. Поэтому ниже плужной подошвы они менее подвержены размыву, чем верхние горизонты. Для второй области формирования воронки размыва ниже пахотного горизонта характерная особенность заключается в том, что при относительно большей глубине h_2 образуются крутые откосы.

Как видно из таблицы 2, к концу вегетации диаметр воронки по верху увеличивается, а глубина ее уменьшается. При глубоком заложении поливного трубопровода образовались самые большие воронки.

Т а б л и ц а 2

Характеристика
образования воронки

		Полив: Глубина: Параметры воронки ной : заложения : трубо- : ния : провод: трубоп-: 25/У1: 20/УП: 15/УП : ровода, : : см : : :			
П-2-1	60,5	54,6	50,9	48,0	
		76,6	80,0	88,9	
П-1-2-2	52,5	35,0	29,3	21,3	
		51,8	54,6	61,6	
П-2-2	66,8	63,1	61,6	46,9	
		80,3	85,0	95,4	

Примечание. В числителе - глубина воронки в сантиметрах, в знаменателе - диаметр воронки по верху в сантиметрах.

При увеличении глубины заложения поливного трубопровода на 14,3 см диаметр воронки по верху возрастает на 33,8 см, или почти на 55%.

Как предусмотрено проектом, если трубопровод заложить на глубине 40 см, могут образоваться воронки незначительных размеров, которые не препятствуют проезду пропашных тракторов и других механизмов. В противном случае необходимо предусмотреть фильтровую обсыпку воронки размыва гравием.

Закрытая напорная сеть, эксплуатирувавшаяся в 1977 г., обеспечивала оптимальный режим орошения хлопчатника и люцерны. Основные показатели одной нити закрытой напорной сети по опытным и контрольному участкам приведены в таблице 3.

Производительность труда на первом поливе при поливной струе 0,17-0,19 л/с составила 5-6 га/сут., тогда как при поливной струе 0,25 л/с (контроль) - 2,0 га/сут. За счет проведения поливов 2-4 поливными трубопроводами по всей системе одновременно суточная производительность увеличивается в 2-4 раза. Закрытая сеть дала возможность проводить сосредоточенные поливы - до 250 л/с, что позволило сократить число поливальщиков в 2 раза по сравнению с обычным способом. Коэффициент земельного использования возрос на 3-4 %, что даст 2-3 ц дополнительной продукции с гектара. Общий урожай по опытным участкам составил 33,1-40,5 ц/га против 28,5 ц/га по контрольному участку. При этом получена экономия оросительной воды за счет отсутствия

Т а б л и ц а 3

Основные показатели
эффективности закрытой сети

Участок	Поливная струя, л/с	Продолжи- тельность полива, часы	Фактичес- кая поли- вная нор- ма, м ³ /га	Произво- дительно- сть труда поливаль- ника, га/сут.	Урожай хлопка сырца, ц/га
1	<u>0,18</u> 0,26	<u>49,0</u> 46,0	<u>1110</u> 1350	<u>5,9</u> 6,1	36,7
2	<u>0,17</u> 0,25	<u>57,5</u> 46,5	<u>1130</u> 1390	<u>5,0</u> 6,2	33,1
3	<u>0,19</u> 0,25	<u>46,5</u> 46,6	<u>1200</u> 1400	<u>6,0</u> 6,1	40,5
Контроль- ный	<u>0,25</u> 0,30	<u>21,6</u> 19,2	<u>1230</u> 1370	<u>2,0</u> 2,2	28,5

Примечание. В числителе — на первом поливе, в знаменате-
ле — на последующих поливах.

потерь на фильтрацию.

Из анализа показателей эффективности видно, что все зат-
раты, связанные со строительством и эксплуатацией закрытой
напорной системы, будут окупаться за 4 года.

УДК 631.674.1:633.511

Канд. техн. наук Х.А. АМАНОВ,
агроном М. ТАГАНОВ,
инж. О. Сеидов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКИ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА В ПРИКОПЕТДАГСКОЙ ЗОНЕ

Исследования по изучению техники бороздкового полива проводились на землях колхоза им. Кданова Бахарденского района Ашхабадской области*. Варианты опыта изучались на 9 бороздах, подобранных с учетом различной уплотняемости колесами трактора при обработках. Для подачи воды в борозды применялись железные трубы, салфетки из полиэтиленовой пленки и бумаги, а также дерны - чим. Лучшие результаты получены при армировании борозд салфетками из полиэтиленовой пленки толщиной 0,06 - 0,1 мм^{жж}.

Как установлено наблюдениями, скорость впитывания уменьшается от полива к поливу, что объясняется уплотнением почвы

* Опытный участок - отдельный массив общей площадью 4 га, прямоугольной формы, длинная сторона его расположена по уклону местности. Уклон поверхности земли по направлению борозд 0,008 - 0,009. Почва участка - среднесуглинистая с прослойкой тяжелой глины. Удельный и объемный вес почвы в слое 0 - 100 см соответственно составляют 2,7 и 1,44 г/см³. Предельная полевая влагемкость - 20 - 26 %. Верхний слой почвы (0 - 90 см) незасоленный, нижние горизонты слабо- и сильнозасоленные. Почвы слабодопроницаемые. Полив хлопчатника осуществлялся из двух скважин (№ 717 и 718) с общим дебитом 40 - 45 л/с. Минерализация воды 0,9 - 1,0 г/л.

^{жж} Дерн постепенно размывается, бумажные салфетки более 1 - 2 поливов не выдерживают. Их можно применять при поливных струях до 0,25 - 0,30 л/с.

Т а б л и ц а 3

Основные показатели
эффективности закрытой сети

Участок	Поливная струя, л/с	Продолжи- тельность полива, часы	Фактичес- кая поли- вная нор- ма, м ³ /га	Произво- дительно- сть труда поливаль- ника, га/сут.	Урожай хлопка — сырья, ц/га
1	<u>0,18</u>	<u>49,0</u>	<u>1110</u>	<u>5,9</u>	36,7
	0,26	46,0	1350	6,1	
2	<u>0,17</u>	<u>57,5</u>	<u>1130</u>	<u>5,0</u>	33,1
	0,25	46,5	1390	6,2	
3	<u>0,19</u>	<u>46,5</u>	<u>1200</u>	<u>6,0</u>	40,5
	0,25	46,6	1400	6,1	
Контроль- ный	<u>0,25</u>	<u>21,6</u>	<u>1230</u>	<u>2,0</u>	28,5
	0,30	19,2	1370	2,2	

Примечание. В числителе — на первом поливе, в знаменате-
ле — на последующих поливах.

потерь на фильтрацию.

Из анализа показателей эффективности видно, что все зат-
раты, связанные со строительством и эксплуатацией закрытой
напорной системы, будут окупаться за 4 года.

УДК 631.674.1:633.511

Канд. техн. наук Х.А. АМАНОВ,
агроном М. ТАРАНОВ,
инж. О. Сеидов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКИ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА В ПРИКОПЕТДАГСКОЙ ЗОНЕ

Исследования по изучению техники бороздкового полива проводились на землях колхоза им. Жданова Бахарденского района Ашхабадской области^{*}. Варианты опыта изучались на 9 бороздах, подобранных с учетом различной уплотняемости колесами трактора при обработках. Для подачи воды в борозды применялись железные трубки, салфетки из полиэтиленовой пленки и бумаги, а также дерны - чим. Лучшие результаты получены при армировании борозд салфетками из полиэтиленовой пленки толщиной 0,06 - 0,1 мм^{***}.

Как установлено наблюдениями, скорость впитывания уменьшается от полива к поливу, что объясняется уплотнением почвы

^{*}

Опытный участок - отдельный массив общей площадью 4 га, прямоугольной формы, длинная сторона его расположена по уклону местности. Уклон поверхности земли по направлению борозд 0,008 - 0,009. Почвы участка - среднесуглинистые с прослойкой тяжелой глины. Удельный и объемный вес почвы в слое 0 - 100 см соответственно составляют 2,7 и 1,44 г/см³. Предельная полевая влагемкость - 20 - 26 %. Верхний слой почвы (0 - 90 см) незасоленный, нижние горизонты слабо- и сильнозасоленные. Почвы слабодопроницаемые. Полив хлопчатника осуществлялся из двух скважин (№ 717 и 718) с общим дебитом 40 - 45 л/с. Минерализация воды 0,9 - 1,0 г/л.

^{***}

Дерн постепенно размывается, бумажные салфетки более 1 - 2 поливов не выдерживают. Их можно применять при поливных струях до 0,25 - 0,30 л/с.

и снижением ее водопроницаемости. На длинных бороздах скорость впитывания составила (в среднем за два года): в первом поливе за 27,8 ч наблюдений - 0,052 см/с, в третьем поливе за 32 ч - 0,040 см/с и в пятом поливе за 40,8 ч - 0,002 см/с (табл. I).

Т а б л и ц а I
Скорости
впитывания воды на
длинных (225 м) бороздах

Поливы	1971 г.	1972 г.	Среднее
I	26,5	29,0	27,8
	0,050	0,053	0,052
3	27,0	37,0	32,0
	0,035	0,044	0,040
5	44,0	37,5	40,8
	0,002	0,002	0,002

Примечание. В числителе - время впитывания, часы, в знаменателе - скорость впитывания, см/с.

Во время проведения вегетационных поливов по каждому варианту опыта определялись размеры поливной струи в голове борозды, время добегаия по сухой борозде, глубина наполнения, смоченный периметр живого сечения борозды и др. Полученные данные, характеризующие время добегаия поливной струи при различных ее размерах и длине борозд позволяют ориентировочно установить оптимальную продолжительность полива. Как видно из табл. 2, при одинаковых условиях с увели-

Предпосевные поливы проводились (по бороздам в третьей декаде марта) нормой 1600 - 2000 м³/га, при этом сброс воды составлял 12 - 15 % общей нормы*. За период вегетации - 7 - 8 поливов (с 27 мая по 26 августа) оросительной нормой 5100 - 9220 м³/га. Предполивная влажность почвы составляла, в зависимости от стадии развития хлопчатника, 55 - 75 % от предельной полевой влагоемкости.

На опытном участке испытывались борозды длиной от 150 до 450 м и поливные струи от 0,075 до 0,75 л/с.

*Зяблевая пахота с внесением органических удобрений из расчета 12 т/га проводилась в декабре, посев хлопчатника - в апреле (высевался тонковолокнистый сорт 8763-И) по направлению уклона местности рядовым способом с шириной междурядий 60 см.

чением размера поливной струи время добегаания ее уменьшается и соответственно сокращается продолжительность полива. С уменьшением поливной струи от 0,43 до 0,14 л/с при длине борозды 300 м время добегаания увеличилось: в первом поливе - в 2,7 раза, в третьем и пятом поливах - соответственно в 1,76 и 1,84 раза. За счет уменьшения размера струи уменьшается и скорость движения воды от начала к концу борозды. При одинаковых значениях длины борозды и размера поливной струи время добегаания ее значительно сокращается от первого полива к последующим.

Т а б л и ц а 2

Время добегаания поливной струи
по сухой 300-метровой борозде, мин.*

Поливы	Поливная струя, л/с	Отрезок борозды, м					
		0 - 50	50 - 100	100 - 150	150 - 200	200 - 300	0 - 300
I	0,140	156	219	237	238	285	1135
	0,275	56	100	139	224	279	798
	0,430	62	68	71	104	109	414
3	0,130	70	83	134	179	170	636
	0,235	52	59	63	93	101	368
	0,445	57	62	64	68	116	367
5	0,140	62	64	79	95	129	429
	0,270	48	47	53	70	83	301
	0,440	28	37	42	61	68	236

При длине поливных борозд 150 - 450 м и оросительной норме 7860 - 9220 м³/га наибольший урожай хлопка (41,6 - 55,3 ц/га) получен при размерах поливной струи 0,075 - 0,19 л/с. При той же длине борозд, оросительной норме 5120 - 8880 м³/га и поливной струе 0,24 - 0,35 л/с урожайность хлопчатника составила 33,1 - 36,2 ц/га (табл. 3).

* Средние данные за 1971 - 1972 гг.

Влияние поливной струи, оросительной нормы
на сброс и урожай хлопка-сырца при различной длине поливных борозд

Поливная струя, л/с	Оросительная норма, м ³ /га	С б р о с, м ³ и %			Урожай хлопка-сырца, ц/га	Затраты ороск- тельной воды на 1 ц урожая, м ³							
		1971 г.	1972 г.	1973 г.		1971 г.	1972 г.	1973 г.					
1972 год	1973 год	1971 год	1972 год	1973 год	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.			
Длина борозды 150 м													
0,075	0,15	9220	8770	7870	2130/19	1540/15	1780/18	55,3	53,2	32,2	167	166	245
0,14	0,30	7260	8230	8100	3440/32	2940/26	3890/32	38,2	40,3	29,5	190	205	275
0,24	0,30-0,15 0,15-0,075	8880	7670	8180	3210/27	3070/29	940/10	36,2	35,6	34,6	245	215	236
Длина борозды 300 м													
0,14	0,45-0,30	8790	8690	7750	1500/15	1330/14	2080/21	45,2	48,5	31,6	194	180	247
0,26	0,60-0,45 0,30-0,15	7420	7600	7830	2350/24	2940/27	1470/16	35,3	36,4	33,1	210	210	237
0,45	-	8910	7100	-	2290/20	3190/32	-	24,3	26,4	-	367	267	-
Длина борозды 450 м													
0,19	0,45-0,30	7860	8250	7710	1450/16	1360/14	3140/29	41,6	41,8	34,4	189	197	320
0,36	0,60-0,45	5120	7170	7800	3780/42	4700/40	4600/37	33,1	35,0	25,1	155	205	310
0,54	0,75-0,60	5100	6220	7290	4880/49	5960/46	6440/47	30,8	33,3	22,8	166	207	318

* В процентах (в знаменателе) от оросительной нормы (брутто).

В 1973 г. изучались варианты опыта с проведением поливов переменными струями в целях равномерного распределения поливной нормы и обеспечения нормального увлажнения почвы по длине борозды. При этом в первых двух поливах по бороздам длиной 300 и 450 м соответственно применялись поливные струи 0,60 - 0,45 и 0,75 - 0,60 л/с: после добега воды до конца борозды размер поливной струи уменьшался. При поливе переменными струями по бороздам длиной 300 м урожай хлопка-сырца составил 33,1 ц/га, 450 м - 22,8 - 25,1 ц/га.

При поливе струей от 0,075 до 0,45 л/с по бороздам длиной 150 - 300 м оросительной нормой от 7260 до 9220 м³/га сброс воды варьировал в пределах 14 - 32 % от оросительной нормы (брутто). При длине борозды 450 м, величине струи 0,35 и 0,75 - 0,60 л/с размер сброса воды достиг 37 - 42 % соответственно. Величина сброса увеличивается от третьего полива к последующим и достигает максимума при седьмом и восьмом поливах, что объясняется уплотнением почвы к концу вегетации. Затраты воды на 1 ц хлопка-сырца составили, в зависимости от величины урожая, 155 - 367 м³.

Наибольшие величины коэффициента равномерности глубины увлажнения почвы за 1971 - 1972 гг. получены при поливах струей 0,14 - 0,26 л/с по бороздам длиной 150 и 300 м - соответственно 0,83 - 0,94 и 0,84 - 0,88. При поливе по бороздам длиной 450 м струей 0,19 - 0,35 и 0,54 л/с он составил 0,56 - 0,79 и 0,71 - 0,89, с увеличением поливной струи (в 1973 г.) от 0,45 - 0,30 до 0,75 - 0,60 л/с - уменьшился до 0,49 - 0,53. При поливе переменной струей 0,30 - 0,15, 0,15 - 0,075 и 0,60 - 0,45, 0,30 - 0,15 л/с по бороздам 150 - 300 м длиной коэффициент равномерности увлажнения почвы повысился, составив 0,83 - 0,91 (табл. 4).

В ы в о д ы

1. Объем и скорость впитывания воды в почву имеют максимальные значения в начале полива, спустя 4 - 5 часов они остаются постоянными.

2. С уменьшением поливной струи продолжительность полива

Коэффициент равномерности
глубины увлажнения почвы

Длина борозды 150 м			Длина борозды 300 м			Длина борозды 450 м		
поливная струя, л/с	по- лив	коэф- фици- ент	поливная струя, л/с	по- лив	коэф- фици- ент	поливная струя, л/с	по- лив	коэф- фици- ент
За 1971 - 1972 гг.								
0,075	I	0,71	0,14	I	0,73	0,19	I	0,64
	3	0,84		3	0,86		3	0,79
	5	0,79		5	0,82		5	0,73
0,14	I	0,84	0,26	I	0,84	0,35	I	0,64
	3	0,83		3	0,84		3	0,56
	5	0,94		5	0,88		5	0,74
0,24	I	0,86	0,45	I	0,70	0,54	I	0,80
	3	0,72		3	0,63		3	0,71
	5	0,76		5	0,84		5	0,89
За 1973 г.								
0,15	4	0,62	0,45-0,30	5	0,66	0,45-0,30	6	0,49
0,30	4	0,58		8	0,69	0,60-0,45	6	0,53
0,30-0,15	4	0,83	0,60-0,45	5	0,87	0,75-0,60	6	0,51
0,15-0,075			0,30-0,15	8	0,91			

возрастает. При уменьшении размера поливной струи от 0,44 до 0,14 л/с время добегания по борозде длиной 300 м увеличилось в первом поливе в 2,7 раза, в третьем и пятом - в 1,76 и 1,84 раза.

3. При поливе струей от 0,075 до 0,45 л/с по бороздам длиной 150 - 300 м оросительной нормой 7260 - 9220 м³/га сброс воды составил 1330 - 3890 м³/га (14 - 32 %), коэффициент равномерности глубины увлажнения почвы - 0,63 - 0,94. С увеличением длины борозды до 450 м и поливной струи от 0,35 до 0,75 - 0,60 л/с величины этих показателей достигли 4600 - 4880 м³/га (37 - 49 %) и 0,50 - 0,89.

4. В условиях Прикопетдagsкой зоны с уклоном местности 0,008 - 0,009 длину поливных борозд можно принимать от 150 до 300 м, размеры поливных струй для первых двух поливов - 0,4 - 0,5 л/с, для последующих - 0,25 - 0,35 л/с.

УДК 65.011.56:625.8

Кандидаты техн. наук
А.Т. БЕЛОВС, Б. САПАРОВ*

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ
АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НА ПРОТЯЖЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Интенсивное развитие орошаемого земледелия в нашей стране предусматривает создание и строительство технически совершенных оросительных систем для более полного использования местных водных ресурсов и сооружение таких крупных каналов, как Каракумский канал им. В.И. Ленина, обеспечивающих межбассейновую переброску вод на значительные расстояния.

Технически совершенные оросительные системы предполагают высокие технико-экономические показатели, которые достигаются на основе высокоэффективного ведения хозяйства и комплексной автоматизации эксплуатационных работ, особенно технологических процессов централизованного управления водораспределением.

Важнейшими вопросами автоматизации водораспределения на протяженных оросительных системах являются оперативное составление и корректировка планов водопользования и разработка надежных средств автоматизации, обеспечивающих нормальное функционирование оросительной системы на основе принятого способа регулирования водораспределения.

Оперативное составление и корректировка планов водопользования и водораспределения достигаются широким применением для расчетов быстродействующих электронных вычислительных машин (ЭВМ), имеющих большие возможности для выполнения работ, свя-

занных с логической обработкой информации и вычислениями.

Планы водораспределения на протяженных оросительных системах составляются на основании хозяйственных планов водопользования, в которых учитываются структура посевных площадей, режим орошения, гидромодульные районы и другие особенности хозяйств путем последовательного суммирования расходов снизу доверху с учетом технического состояния оросительных систем и административного деления на районы, области, республики.

Для составления таких планов в условиях Туркменской ССР с учетом требований органов сельского и водного хозяйства республики разработаны методика, алгоритмы и программа расчета с применением ЭВМ "Минск-32" [4]. Эта программа в последующем несколько усовершенствована и дополнена. По усовершенствованной программе по-декадно рассчитываются и выдаются на печать:

- в хозяйственном плане водопользования - расходы на орошение и площади полива (поливные задания) по каждой возделываемой культуре, головные расходы нетто и брутто, общий сток и поливные площади за декаду и нарастающим итогом;
- в системном плане водораспределения - расходы истоки воды, забираемые из источника и подаваемые на орошение и в точки выдачи в хозяйства, площади полива всего и ведущей культуры;
- в районном, областном и др. планах водораспределения - головные расходы каналов с указанием источников орошения. Результаты расчетов выдаются по типовым формам, удобным для практического использования.

Рекомендуемая программа расчета на ЭВМ "Минск-32" составлена на общепринятом в системе Минводхоза СССР алгоритмическом языке "ФОРТРАН". Она состоит из ряда подпрограмм, позволяющих решать задачи несколькими иерархическими уровнями. Переключение с одного уровня на другой осуществляется программно - в зависимости от заданных условий. Время, затрачиваемое на расчет одного хозяйства от начала ввода информации до выдачи результатов, составляет до 5 мин. В программе предусмотрена возможность расчета к.п.д. каналов, ординат гидромодуля и поливных заданий (в процентах) и выдачи результатов в

заданном количестве экземпляров.

Программа самовосстанавливающаяся. По этой программе на входную информацию наложены следующие ограничения:

- количество возделываемых культур в хозяйстве - не более 20;

- расчетные декады - не более 36;

- гидромодульные районы - не более 7;

- иерархические уровни - не более 5.

Однако в тех случаях, когда указанные ограничения не позволяют рассчитывать все хозяйство или систему в целом, последние разбиваются на отдельные части и для каждой из них выполняются самостоятельные расчеты. Поэтому предлагаемая программа по существу не имеет ограничений и может быть использована при любой величине и протяженности оросительных систем.

На протяженных оросительных системах, таких как Каракумский канал им. В.И. Ленина, смежные перегораживающие сооружения не оказывают влияния друг на друга и водохранилища располагаются на значительных расстояниях. Вследствие этого русло канала как бы становится своеобразным водохранилищем, объем и уровень воды в котором ограничиваются параметрами канала. Поэтому планы водораспределения на протяженных оросительных системах составляются с учетом времени добегания воды от источников орошения до потребителей, величины руслового регулирования, времени и скорости наполнения и сброса и водохранилищ.

Таким образом, при планировании водопользования и водораспределения решается так называемая обратная задача прогнозирования, т.е. по гидрографу в замыкающем (нижнем) створе с учетом конкретных условий и технического состояния оросительных систем рассчитывается гидрограф в головном створе.

Практическое осуществление водораспределения на протяженных оросительных системах при необходимости коррекции плана водораспределения требует прогнозирования ожидаемого гидрографа замыкающего створа рассматриваемого участка канала по известному (заданному или рассчитанному) гидрографу в головном створе. Такая задача для условий рек решалась Г.П. Кали-

ниным и П.И. Милковым [2] и Л.С. Кучментом [3].

Отсутствие взаимного влияния между смежными перегораживающими сооружениями позволит рассматривать протяженную оросительную систему как реку и применять линейную модель Калинина-Милкова для решения прямой задачи прогнозирования. Справедливость этой модели расчета гидрографа замыкающего створа по заданному гидрографу в головном створе для протяженных оросительных систем подтверждается однозначностью связи между объемом воды на характерном участке канала и расходом в его замыкающем створе. Аналитически эта зависимость может быть представлена в виде:

$$Q_y = \frac{1}{\tau} W_y,$$

где Q_y, W_y — расход и объем воды на характерном участке при установившемся режиме;

τ — постоянная времени, характеризующая длительность процессов установления на выбранном участке канала.

Статистическая обработка материалов служб эксплуатации Каракумского канала им. В.И. Ленина позволила установить такую связь для большинства участков канала. Исключение составляет озерная часть канала и участки интенсивного отбора воды на орошение.

Характерными являются участки канала длиной L , на которых удовлетворяется соотношение:

$$e \frac{dQ_y}{dH_y, e} = \frac{Q_y}{2J_x}, \quad (I)$$

где e — расстояние от места пересечения линий горизонта поверхности воды при установившемся и неустановившемся режимах до нижнего створа участка (рис. 1);

Q_y — расход в замыкающем створе характерного участка;

H_y, e — установившееся значение уровня, измеренного на расстоянии e ;

J_x — уклон водной поверхности при установившемся режиме.

На практике определяются приращения установившихся значений расхода и горизонта воды в канале. Поэтому выражение (1) для i -ого характерного участка с некоторыми допущениями может быть записано в виде:

$$\ell_i \frac{\Delta Q_y}{\Delta H_y e} = \frac{Q_y}{2J_x} \quad (2)$$

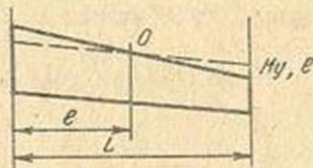


Рис. 1. Схема выбора длины характерного участка

Для i -го характерного участка, длина L_i которого определяется из уравнения (2), расчет гидрографа $Q_i(t)$ в замкнутом створе по известному гидрографу $q_i(t)$ в головном створе сводится к решению уравнения:

$$\frac{dQ_i}{dt} = \frac{1}{\tau_i} (q_i - Q_i).$$

Для выделенного участка длиной L_β , на котором укладывается n характерных участков длиной L_i , т.е. для $n = \frac{L_\beta}{L_i}$, расчет гидрографа $Q_n(t)$ сводится к решению системы уравнений:

$$\frac{dQ_1}{dt} = \frac{1}{\tau_1} (q - Q_1),$$

$$\frac{dQ_2}{dt} = \frac{1}{\tau_2} (Q_1 - Q_2),$$

$$\dots \dots \dots \frac{dQ_n}{dt} = \frac{1}{\tau_n} (Q_{n-1} - Q_n),$$

где

q - входной гидрограф расхода верхнего характерного участка;

Q_i - выходной расход i -го характерного участка, равный входному расходу $i+1$ участка.

Из этой системы получим уравнение для i -го характерного участка в виде:

$$\tau_i \frac{dQ_i}{dt} + Q_i = Q_{i-1}.$$

Используя преобразование Лапласа, будем иметь:

$$Q_i(p)(1+\tau_i p) = Q_{i-1}(p),$$

или:

$$Q_i(p) = \frac{1}{1+\tau_i p} Q_{i-1}(p)$$

Для выделенного участка, содержащего n характерных участков, аналогично можем записать:

$$Q_n(p) = q(p) \prod_{i=1}^n \frac{1}{1+\tau_i p}.$$

Введем упрощения, не приводящие к потере общности. Примем равными постоянные времени, характеризующие длительность процессов установления на характерных участках:

$$\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_n = \tau.$$

Тогда из последнего уравнения будем иметь:

$$Q_n(p) = q(p) \frac{1}{(1+\tau p)^n}.$$

Получив отсюда приточную функцию в виде:

$$F(p) = \frac{1}{(1+\tau p)^n},$$

по таблицам преобразования Лапласа восстановим ее оригинал:

$$h(t) = \frac{1}{(n-1)!\tau} \left(\frac{t}{\tau}\right)^{n-1} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Функция $h(t)$ является импульсной переходной характеристикой.

Расход в выходном створе можно выразить через известный расход во входном створе выделенного участка с помощью интеграла свертки. При нулевых начальных условиях имеем:

$$Q(t) = \int_0^t h(t-\theta) q(\theta) d\theta. \quad (3)$$

В практике эксплуатации каналов наиболее характерным является попуск воды в виде скачка $q(t)$. Поэтому, решая уравнение (3), можно получить результат в аналитической форме.

Запишем несколько решений для различного числа характерных участков:

1. Нарастание расхода на выходе первого характерного участка:

$$Q_1(t) = q \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right).$$

2. Нарастание расхода на выходе двух характерных участков:

$$Q_2(t) = q \left[\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) - \frac{t}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \right].$$

3. Нарастание расхода на выходе трех характерных участков:

$$Q_3(t) = q \left[\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) - \left(\frac{t}{\tau} - \frac{t^2}{2\tau^2}\right) e^{-\frac{t}{\tau}} \right].$$

4. Нарастание расхода на выходе четырех характерных участков:

$$Q_4(t) = q \left[\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) - \left(\frac{t}{\tau} + \frac{t^2}{2! \tau^2} + \frac{t^3}{3! \tau^3}\right) e^{-\frac{t}{\tau}} \right].$$

В общем виде для n характерных участков получим:

$$Q_n(t) = q \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{i!} \left(\frac{t}{\tau}\right)^i \right] \quad (4)$$

Это уравнение является общим решением уравнения (3) в аналитической форме для наиболее важного случая пропуска воды. Когда уравнение (3) не удается разрешить в аналитической форме, для решения задачи следует воспользоваться численными методами интегрирования.

На рис. 2 приведены кривые расхода в замыкающем створе для различного числа участков при подаче на входе попуска в виде скачка $q(t)$, построенные в соответствии с выражением (4). Эти кривые характеризуют нарастание расхода во времени на выходе каждого i -ого характерного участка в зависимости

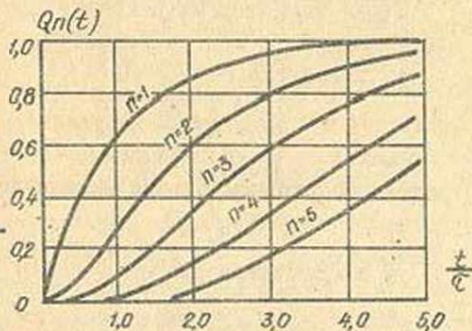


Рис. 2. Кривые нарастания расхода в замыкающих створах

от заданного выше попуска $q(t)$ в головном створе. По кривым может быть найдено время, в течение которого величина расхода на выходе выбранного характерного участка достигает желаемой величины, например, $0,9 q$. Величина L легко определяется по экспоненте, полученной на выходе первого участка, прилегающего непосредственно к сооружению, с помощью которого осуществляется скачкообразный попуск.

Выбор правильной длины характерных участков на протяженной оросительной системе способствует общему улучшению водосчета. При этом для получения более тесной связи между горизонтами и расходами необходимо синхронно определять расход в замыкающем створе характерного участка и уровень в точке, где пересекаются уровни установившегося и неустановившегося режимов.

Для определения длины L характерного участка и расстояния ℓ от места пересечения линий горизонтов поверхности воды при установившемся и неустановившемся режимах до нижнего створа участка производится измерение уклона водной поверхности J_y при установившемся режиме и серии зависимостей расхода Q_y в нижнем створе от уровня воды на расстояниях ℓ_1 , ℓ_2 , ℓ_3 ... По замерам находят $\frac{\Delta Q_y}{\Delta H_y, \ell}$ и умножают эти отношения на соответствующие им расстояния ℓ_1 , ℓ_2 , ℓ_3 ... для получения такого ℓ , длина которого удовлетворяет правой части равенства (I).

Длина характерных участков для некоторых типов русел согласно работе [2] определяется:

а) прямоугольное русло -

$$L = \frac{2}{3} \frac{H_y}{J_y};$$

б) параболическое русло -

$$L = \frac{1}{2} \frac{H_y}{J_y};$$

в) треугольное русло -

$$L = \frac{2}{5} \frac{H_y}{J_y}.$$

Рассмотренная математическая модель протяженной оросительной системы нуждается в дальнейшем совершенствовании, обусловленном, в частности, необходимостью учета потерь и отбора попутных расходов.

Основными технологическими процессами водораспределения на Каракумском канале являются переформирование естественно-го стока источника орошения, водозабор, транспортирование и распределение воды между потребителями. На этом уникально и оросительном и судоходном канале расположено большое количество различных сооружений, служащих для обеспечения указанных выше технологических процессов: водозаборный узел, перегородаживающие сооружения, шлюзы, насосные станции, водохранилища, водовыпуски, водосбросы и др.

Регулирование стока Каракумского канала водохранилищами позволяет транспортировать по нему близкие к постоянным расходы воды. Такой режим работы протяженных магистральных каналов, проходящих в сложных условиях песчаной пустыни, можно считать близким к оптимальному. В этом отношении важное значение будут иметь ввод в эксплуатацию Земдского водохранилища в головке Каракумского канала им. В.И. Ленина, которое позволит круглогодично осуществлять забор одинаковых расходов воды и эксплуатировать наиболее ответственные участки канала в оптимальном режиме.

Гидротехнические сооружения, связанные с забором и перераспределением воды, имеют подъемные затворы, различающиеся как по конструктивному исполнению, так и по механизмам их перемещения. В большинстве случаев для подъема затворов используются винтовые подъемники совместно с редуктором, однако на крупных сооружениях подъем затворов осуществляется тросами. Скорости перемещения затворов сооружений являются также различными, поэтому при их автоматизации требуется применение аппаратуры (например, авторегуляторов), имеющей широкий диапазон настроек. В этом отношении показательны цифровые датчики технологических параметров [1], обеспечивающие их измерение практически в неограниченных пределах.

Отсутствие гидравлической связи между бьежами смежных перегородаживающих сооружений Каракумского канала обуславливает

способ регулирования водораспределения непосредственным отбором расходов для нормированной водоподачи потребителям независимо от колебания уровня воды в канале выше того горизонта, при котором еще возможен отбор плановых расходов. При таком способе регулирования водораспределения система автоматизированного управления водораспределением на канале состоит из автономных систем автоматического регулирования перепоразмещающих и водовыпускных сооружений, объединенных в пределах выделенного района устройством телемеханики, устанавливаемом на районном диспетчерском пункте. В свою очередь, эти пункты охватываются диспетчерским управлением в пределах всего канала.

При существующем состоянии эксплуатации Каракумского канала без головного водохранилища, обеспечивающего полное перепоразмещение головного стока канала, автономные системы автоматического регулирования расходов (уровней), перепоразмещающих сооружений, водовыпускных сооружений будут следящими системами, задающие воздействия на которые подаются по каналам связи телемеханики в виде уставок регуляторам на заданные расходы (уровни) воды.

Функциональная схема системы автоматизированного управления Каракумским каналом в обобщенном виде представлена на рис. 3.

Каждый регулируемый объект $O_1, O_2, \dots, O_n$ оснащен регулятором $P_1, P_2, \dots, P_n$, состоящим из чувствительного устройства $ЧУ_1, ЧУ_2, \dots, ЧУ_n$, вычислительного устройства $ВУ_1, ВУ_2, \dots, ВУ_n$, исполнительного устройства $ИУ_1, ИУ_2, \dots, ИУ_n$. Состояние объектов характеризуется их выходными величинами $X_1, X_2, \dots, X_n$. На вход объектов поступают управляющие воздействия $I_1, I_2, \dots, I_n$. Кроме того, на вход объекта и чувствительного устройства действуют внешние помехи $F_1, F_2, \dots, F$, которые нежелательным образом изменяют состояние объекта X . На вход чувствительных устройств подаются по линиям связи от устройства телемеханики задающие воздействия $X_{31}, X_{32}, \dots, X_{3n}$, а на вход приемного устройс-

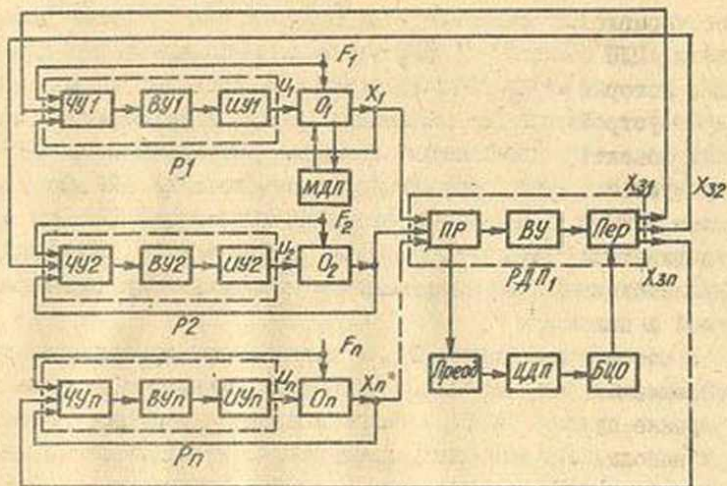


Рис. 3. Функциональная схема
АСУ протяженной оросительной системы

тва телемеханики подаются входные величины, характеризующие состояние объектов $X_1, X_2, \dots, X_n$. Эти величины далее поступают на вычислительное устройство ВУ для проверки соответствия состояния объекта заданному. При необходимости изменения выходной величины объекта вычислительное устройство вырабатывает новые задающие воздействия $X_{31}, X_{32}, \dots, X_{3n}$ и с помощью своего передатчика ПР по линиям связи подает их в виде новых уставок на чувствительные устройства $ЧУ_1, ЧУ_2, \dots, ЧУ_n$ регуляторов.

Автоматизированная система управления (АСУ) протяженной оросительной системой содержит районные диспетчерские пункты (РДП), каждый из которых линиями телемеханики связан с регулирующими и контролирующими объектами (на рис. 3 не показаны). РДП являются нижней ступенью иерархии управления и занимаются сбором информации по телеизмерению и телесигнализации и управлением подчиненных им объектов канала. РДП диспетчерской связью соединены с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП), осуществляющим функции контроля РДП и оператив-

ное управление системой в целом. Для этого, кроме телефонной связи, ЦДП связан с РДП через блок циклического опроса БЦО ЦДП, который осуществляет выбор подчиненных к нему объектов через устройство телемеханики РДП. Информация о состоянии этих объектов принимается приемным устройством Пр. РДП преобразуется в вид, пригодный для передачи на ЦДП преобразователем ПРЕОБ, и далее транзитом поступает на ЦДП. При этом опрашиваются только те объекты, информация о состоянии которых необходима для оперативного управления протяженной системой в целом.

В состав некоторых РДП, в зависимости от важности функций, выполняемых регулируемыми объектами, вводятся местные диспетчерские пункты (МДП), обеспечивающие управление объектами при выполнении операций, связанных с необходимостью непосредственного участия человека, как это, например, происходит при шлюзовании судов. При этом с МДП производится отключение регуляторов и регулирование объекта осуществляется вручную.

Таким образом, автоматизированная система управления водораспределением (АСУ-В) на протяженных оросительных системах базируется на двухуровневой иерархии управления с подчинением районных диспетчерских пунктов (РДП) центральному диспетчерскому пункту (ЦДП).

Математическое обеспечение АСУ-В включает:

- алгоритмы решения задач АСУ-В;
- программы решения задач на ЭВМ;
- инструкции по подготовке исходной информации;
- внутреннее математическое обеспечение ЭВМ.

Математическое обеспечение основывается на применении языка "ФОРТРАН" для ЭВМ "Минск-32".

Техническое обеспечение АСУ-В включает ЭВМ, устройство телемеханики ЦДП, осуществляющее контрольные функции над подчиненными ему РДП, устройства телемеханики РДП, обслуживающие средства местной автоматики и контроля в пределах каждого района эксплуатации, включающие цифровые авторегуляторы и цифровые датчики технологических параметров. Такая автоматизированная система является составной частью АСУ водохозяйственными комплексами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоус А.Т. Цифровые датчики технологических параметров. В сб.: "Водохозяйственные исследования в Туркменистане". Ашхабад, "Ылым", 1977.

2. Калинин Г.П., Мильков П.И. Приближенный расчет неустановившегося движения водных масс. Тр. Центрального института прогнозов, выпуск 66, Л., 1972.

3. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. Л., Гидрометеиздат, 1972.

4. Сапаров Б., Коваленко Р.И., Какалыев А. Составление планов водопользования и водораспределения с помощью ЭВМ. В сб.: "Эффективность орошения в Туркменистане". Изд. НИИ с ВЦ Госплана СССР, Ашхабад, 1976.

УДК 626.810:338.1:681.3

Кандидаты техн. наук
Б. САПАРОВ, Р.И. КОВАЛЕНКО,
инж.-гидротехник Г.Б. БЕЛКИН,
математик А. КАКАЛЫЕВ

К РАСЧЕТУ ПЛАНОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ЭВМ

Планирование водопользования и водораспределения на оросительных системах связано с выполнением большого объема вычислительных работ [1, 3]. При этом в основу расчета закладываются такие исходные данные, как ординаты гидромодуля, поливные задания, к.п.д. оросительных каналов и др., которые требуют выполнения довольно громоздких и трудоемких вычислений. Для облегчения и ускорения работ по составлению водох-

зайствованных планов нами разработаны методика и программа расчета на ЭВМ, позволяющие при известном поливном режиме сельскохозяйственных культур определять величины гидро модуля полива, среднедекадные ординаты гидро модулей, поливные задания (за декаду) в процентах.

Программа составлена на алгоритмическом языке "ФОРТРАН" для ЭВМ "Минск-32". В программе предусмотрены запись результатов расчета на МЛ и распечатка их на УПЧ в заданном количестве экземпляров. В качестве постоянной исходной информации в ней используется режим орошения сельскохозяйственных культур, а переменной являются поливные нормы и сроки поливов каждой культуры, наименования гидро модульных районов и зон орошения.

Информация вводится с перфокарт по подзонам, режимы поливов — по каждой сельскохозяйственной культуре, при этом указываются номера подзон и гидро модульных районов. Дополнительно задаются наименование подзоны и потребное количество экземпляров таблиц.

Расчет ординат гидро модуля и поливных заданий (в %) производится по следующему алгоритму:

1. Величина гидро модуля полива:

$$q_{i\beta} = \frac{m_{i\beta}}{86,4 \cdot T_{i\beta}} \quad \text{л/с/га,} \quad (1)$$

где $q_{i\beta}$ — ордината гидро модуля i -го полива i -ой сельскохозяйственной культуры β -го гидро модульного района;

$m_{i\beta}$ — то же, норма полива, м³/га;

$T_{i\beta}$ — то же, общая продолжительность полива в сутках.

Последние два показателя принимаются из утвержденного поливного режима.

2. Среднедекадная ордината гидро модуля:

$$q_{ij\beta} = \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij\beta} \cdot t_{jq}}{T_j} \quad \text{л/с/га,} \quad (2)$$

где $q_{ij\beta}$ — среднедекадная ордината гидро модуля i -ой культуры в j -ю декаду β -го гидро модульного района;

$Q_{i\psi\beta t}$ - ордината гидро модуля ψ -го полива i -ой культуры β -го гидро модульного района за t суток, л/с/га;

$t_{j\psi}$ - число суток полива в j -ой декаде с гидро модулем ψ ;

T_j - число суток в j -ой декаде от $t = I$ до II .

3. Поливное задание (за декаду) в процентах:

$$P_{ij\beta} = \frac{\sum_{t=1}^n P_{ij\beta t}}{T_{i\psi\beta}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где $P_{ij\beta}$ - поливное задание i -ой культуры в j -ю декаду β -го гидро модульного района в %;

$P_{ij\beta t}$ - количество суток полива i -ой культуры в j -ю декаду β -го гидро модульного района.

Результаты расчета гидро модулей поливов, среднедекадных значений ординат гидро модуля и поливных заданий (в %) по вычисленному алгоритму выдаются по типовым формам (табл. I и 2), удобным для пользования эксплуатационным персоналом и составления планов водопользования с помощью ЭВМ. Блок-схема расчета показана на рис. I.

Программа имеет следующие ограничения: количество сельскохозяйственных культур - не более 20, расчетных декад - не более 36, гидро модульных районов - не более 6. Количество поливов - практически неограничено (≤ 98), подзон - то же (≤ 9990).

Время, затрачиваемое на расчет одной подзоны, - от начала ввода информации до выдачи результатов расчета, - 3-25 минут, в зависимости от объема информации.

Другой важнейшей информацией, необходимой для составления планов водопользования и водораспределения, является к.п.д. оросительных систем. Расчет к.п.д. связан с большими трудностями, обусловленными, с одной стороны, разнообразием природных условий и их изменчивостью в ходе эксплуатации каналов, с другой - трудоемкостью обоснованного выбора расчетных формул для определения потерь воды из имеющихся многочисленных решений, отвечающих данным условиям. Поэтому вопрос установления к.п.д. оросительных каналов требует проведения специ-

Т а б л и ц а 1

Поливные режимы
сельскохозяйственных культур _____
подзоны ТССР (ординаты гидромодуля поливов)

№	Наименование	Полив- ные нормы	Сроки поливов:		Продол- жительность полива: в днях	Гидро- модуль, л/с/га
			начало	конец		
3	Хлопчатник	700	21/10	20/11	31	0,261
	шифр I	2200	1/2	25/3	53	0,480
		800	16/5	5/6	21	0,441
		900	6/6	25/6	20	0,521

и т.д. для всех поливов и культур.

Т а б л и ц а 2

Среднедекадные значения ординат
гидромодулей (в числителе) и поливных
заданий (%) _____ гидромодульного района
подзоны ТССР

Наименование сельскохозяйственных культур	(л/с/га) / проценты						и т.д. до кон- ца года
	январь			февраль			
	I	2	3	I	2	3	
I. Хлопчатник	0,000	0,000	0,000	0,480	0,480	0,480	
	0,0	0,0	0,0	18,9	18,9	15,1	
2. Люцерна	0,000	0,000	0,000	0,744	0,744	0,744	
	0,0	0,0	0,0	35,7	35,7	28,6	

и т.д. до 20-й культуры включительно.

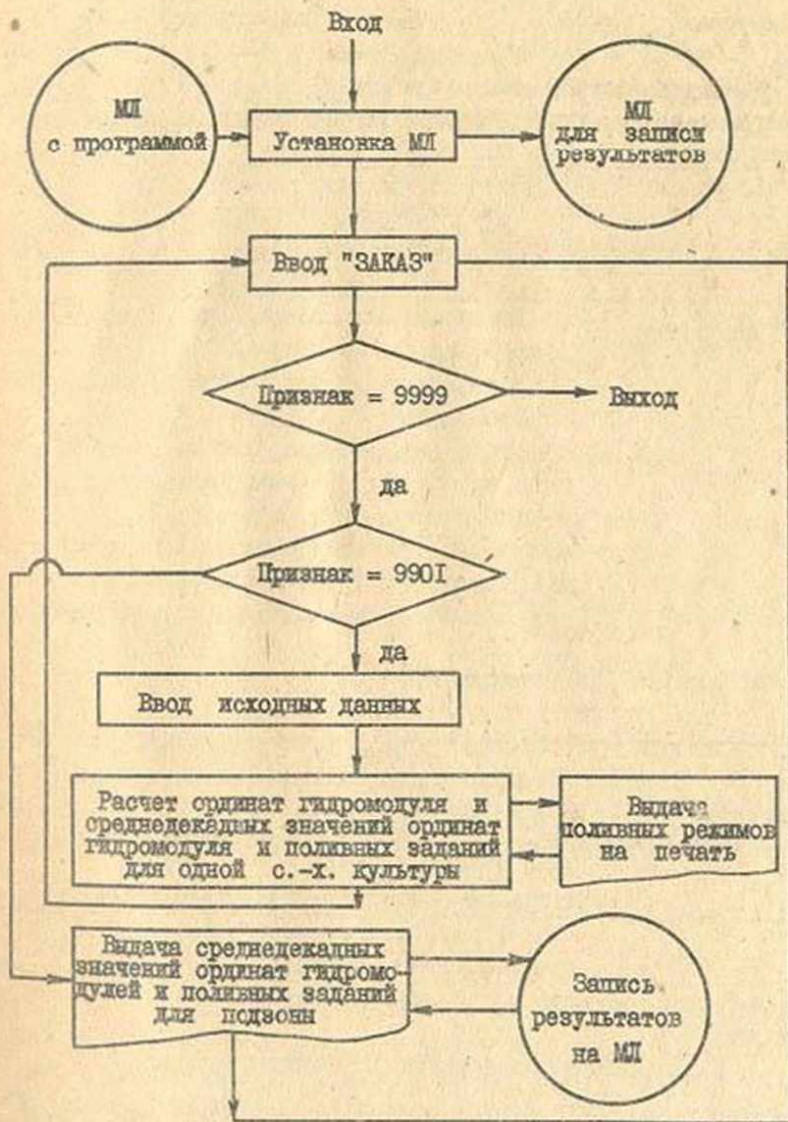


Рис. 1. Блок-схема расчета ординат гидромодуля и поливных заданий на ЭВМ "Минск-32"

альных исследований и усовершенствования методики его расчета.

Здесь приводятся лишь разработанные авторами алгоритм и программа расчета к.п.д. оросительных каналов с использованием известных формул С.Р. Оффенгендена и С.А. Гирикана [4].

1. Формула С.Р. Оффенгендена:

$$\eta_d = \frac{\eta + \lambda^m - 1}{\lambda^m}, \quad (4)$$

где

- η_d - к.п.д. канала или системы при расчетном расходе воды;
 η - к.п.д. канала или системы при максимальном расходе воды;
 λ - отношение расхода воды, для которого рассчитывается к.п.д., к максимальному расходу воды в канале или системе;
 m - показатель степени в формуле А.Н. Костякова, равный: для грунтов слабой водонепроницаемости - 0,3; средней - 0,4; сильной - 0,5 [2].

2. Формула С.А. Гирикана:

$$Q_{\text{потери}} = 0,063 k_f y \sqrt{Q} \quad \text{м}^3/\text{с}/\text{км}, \quad (5)$$

где

- Q - расход воды в канале, м³/с;
 k_f - коэффициент фильтрации грунта, лежащего под каналом, м/сут.;
 y - поправочный коэффициент, зависящий от величины расхода воды в канале и глубины залегания уровня грунтовых вод.

Алгоритм расчета к.п.д. каналов или системы в целом имеет вид:

1. С использованием формулы С.Р. Оффенгендена:

$$\eta_{zi} \eta_{zj} = \frac{\eta_{zj} Q_{\max} + \left(\frac{Q_{zj}}{Q_{\max zj}} \right)^m - 1}{\left(\frac{Q_{zj}}{Q_{\max zj}} \right)^m}, \quad (6)$$

где $z_{zj} Q_{zj}$ - к.п.д. Z -го канала (или системы) в j -ю декаду при пропуске расхода Q_{zj} ;

$z_{zj} Q_{max}$ - то же при пропуске максимального расхода $Q_{max zj}$.

2. С использованием формулы С.А. Гирикана:

$$z_{zj} Q_{zj} = \frac{Q_{zj}}{Q_{zj} + 0,063 k_z \cdot y_{zj} \sqrt{Q_{zj}} \cdot e_z}, \quad (7)$$

где $z_{zj} Q_{zj}$ - к.п.д. Z -го канала (или системы) при пропуске расчетного расхода Q_{zj} (расхода нетто) в j -ю декаду;

k_z - коэффициент фильтрации грунта ложа Z -го канала;

y_{zj} - поправочный коэффициент на глубину залегания грунтовых вод Z -го канала в j -ю декаду;

e_z - расчетная длина Z -го канала в км.

Основная трудность расчета к.п.д. заключается в том, что:

-расход канала (или расход нетто хозяйства) за декаду становится известным только во время расчета хозяйственного плана водопользования;

- в расчете требуется многократно вычислять выражения вида $(Q_{zj})^m$;

- значения к.п.д. приходится определять самостоятельно и включать в план водопользования для дальнейших расчетов.

Предлагаемая программа позволяет рассчитывать к.п.д. каналов в четырех режимах со следующими составами исходной информации:

Режим I. К.п.д. при максимальном расходе канала, максимальный и расчетный расходы канала.

Режим II. К.п.д. при максимальном расходе канала (или хозяйства), максимальный расход канала (или хозяйства), расчетные декадные расходы нетто канала (или хозяйства).

Режим III. Номера участка и варианта, коэффициент фильтрации, поправочный коэффициент на глубину залегания грунтовых вод, длина канала и расчетный расход воды.

Режим IV. Номера участка и варианта, коэффициент фильтрации, поправочный коэффициент на глубину залегания грунтовых

вод, длина канала и расчетные декадные расходы netto канала (или хозяйства).

Расчетные значения к.п.д. по требованию могут выдаваться отдельно для практического применения (табл. 3 и 4) и ли же определяться автоматически во время расчета хозяйствен-ных планов водопользования.

Т а б л и ц а 3
К.п.д. канала по С.Р. Ойфенгендену
(Режим I)

m	$h_{zj} Q_{max}$	Q_{maxj}	Q_{zj}	$h_{zj} Q_{zj}$
0,4	0,950	2,8	2,8	0,950
0,5	0,980	1,5	1,2	0,979
0,3	0,985	0,9	0,5	0,982

Программа расчета написана на алгоритмическом языке "ФОРТРАН" для ЭВМ "Минск-32". Время работы программы для вычисления одного значения к.п.д. составляет примерно 20 секунд.

Блок-схема расчета к.п.д. каналов (или системы) показана на рис. 2.

Т а б л и ц а 4
К.п.д. канала по С.А. Гирикану
(Режим II)

Исходные данные				Расчетные данные			
Расход, m^3 / c	К ф. м/сутки	Глубина залега- ния грунто- вых вод, м	Длина канала, км	$y = F(Q, H)$	Q потери, m^3 / c	Q_{op} m^3 / c	к.п.д.
0,3	0,20	1,0	1,0	0,00	0,00690	0,3	0,978
0,3	0,20	1,0	5,0	0,00	0,03451	0,3	0,897

Программа имеет следующие ограничения:

- количество расчетных участков канала в одном заказе - не более 100, декад - не более 36.

Программа расчета ординат гидромодулей, поливных заданий и к.п.д. оросительных каналов работает самостоятельно и не-

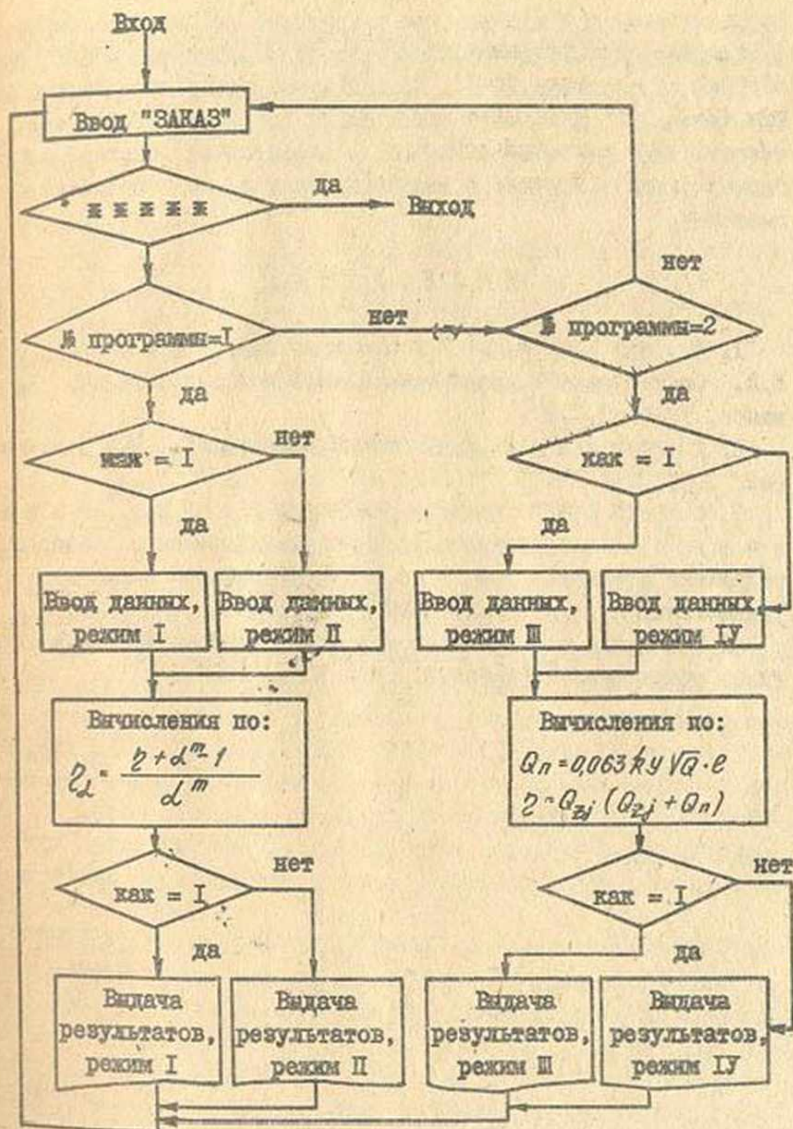


Рис. 2. Блок-схема расчета к.п.д. оросительных каналов (или системы) по С.Р. Оффенгендену и С.А. Гиришану на ЭЕМ "Минск-32"

посредственно под управлением оператора. В них используются стандартные подпрограммы ввода-вывода информации библиотеки ФОРТРАН (транслятор ТФ-1). Предлагаемые программы расчета на ЭВМ "Минск-32" позволяют значительно сократить ручной труд, обеспечивают высококачественное и оперативное составление планов водопользования и водораспределения на оросительных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Епихин В.К., Кошкин В.В., Миллеров К.В. Составление и проведение планов водопользования. Душанбе, "Ирфон", 1971.
2. Костяков А.Н. Основы мелиораций. М., Сельхозгиз, 1960.
3. Сапаров Б., Коваленко Р.И., Какимев А. Составление планов водопользования и водораспределения с помощью ЭВМ. В сб.: "Эффективность орошения в Туркменистане". Ашхабад, НИИ с ВЦ, 1976.
4. Технические указания по проектированию каналов оросительных систем. М., МСХ СССР, 1955.

УДК 626.842.004.1(0.84.3-36)(255)

Инж. Ю.П. ЛИТВИНОВ,
кандидаты техн. наук
В.А. НОВИЦКИЙ, Б. САПАРОВ

МЕТОДИКА РАЙОНИРОВАНИЯ ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ
ПО ВЕЛИЧИНЕ УДЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ
ВОДЫ ИЗ КАНАЛОВ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ

Оросительные каналы по своей пропускной способности, протяженности, режиму работы, техническому состоянию и другим особенностям характеризуются большим разнообразием. Они проходят в грунтах различного возраста, генезиса литологического состава и находятся в различных гидрогеолого-мелиоративных условиях. Поэтому и фильтрация из каналов протекает весьма различно, обуславливая строго определенные величины потерь, соответствующие данным конкретным условиям. Следовательно, зная величину фильтрационных потерь воды из каналов, можно было бы обобщенно оценить имеющиеся условия на орошаемых территориях.

Однако повсеместное определение фактических величин фильтрационных потерь воды из каналов и тем самым обобщенный учет всего комплекса различных факторов возможны лишь на крупных магистральных и междоусевых каналах, протяженность которых составляет не более 5 м/га. На каналах внутрихозяйственной сети из-за их большой протяженности, достигающей 20 - 25 м/га и более, выполнение такой работы практически невозможно.

В то же время для своевременной разработки и осуществления инженерных мероприятий по повышению эффективности ороша-

емого земледелия необходимо, хотя бы обобщенно, знать имеющиеся условия на орошаемых территориях. В связи с этим нами разработана методика районирования орошаемой территории по величине удельных фильтрационных потерь воды из каналов внутрихозяйственной сети, которая при минимальном объеме гидрометрических измерений и наблюдений позволяет установить достаточно надежные величины фильтрационных потерь и коэффициентов полезного действия каналов.

В основу предлагаемого метода положен принцип определения величин фильтрационных потерь воды из каналов путем применения формул подобия, которые достоверно известные значения потерь воды из одних каналов позволяют распространять на другие с учетом их конкретных условий. При этом для практического применения получены расчетные зависимости, соответствующие конкретным стадиям фильтрации из каналов.

В стадии установившейся свободной фильтрации потери воды из каналов на фильтрацию по А.Н. Костякову [3] определяются по формуле:

$$Q_{\phi} = k(b + 2h\sqrt{1+m^2}), \quad (1)$$

где k — коэффициент фильтрации;
 b — ширина канала по дну;
 h — глубина воды в канале;
 m — заложение откосов.

Из отношения двух уравнений вида (1) получим:

$$Q_x = Q \frac{\xi_k}{\xi_x}, \quad (2)$$

где Q — известная величина потерь воды на фильтрацию из канала;
 Q_x — величина потерь воды, определяемая для другого канала;
 ξ_k — коэффициент, определяемый по карте, на которую нанесены плановое положение внутрихозяйственных каналов и коэффициенты фильтрации грунтов зоны аэрации:

$$\xi_k = \frac{k_x}{k};$$

ξ_x - коэффициент, определенный по известным параметрам каналов:

$$\xi_x = \frac{X}{X_x}$$

здесь X - смоченный периметр канала.

Используя формулу (2), можно определить удельные фильтрационные потери воды из одного канала, имея данные по другому, и районировать орошаемую территорию по их величине.

В стадии установившейся подпорной фильтрации, при отсутствии испарения с поверхности грунтовых вод потери воды из каналов на фильтрацию определяются по формуле [2]:

$$Q = \frac{2\varphi L \beta}{L} \quad (3)$$

где φ - фильтрационная проводимость грунтов;

$$\varphi = k \cdot T_{cp} \cdot H_0;$$

T_{cp} - средняя мощность фильтрационно-грунтового потока;

H_0 - глубина залегания грунтовых вод;

L - длина оттока;

L, β - коэффициенты, учитывающие условия движения фильтрационного потока при выходе из канала и входе в дренажный сток, по С.Ф.Аверьянову [1].

Тогда отношение удельных фильтрационных потерь воды из двух различных каналов будет:

$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{\varphi_x \cdot L}{\varphi L_x} \cdot \frac{L_x \beta_x}{L \beta}$$

Отсюда получим:

$$Q_x = \frac{Q \cdot \xi_\varphi}{\xi_z} \quad (4)$$

где ξ_φ - относительная фильтрационная проводимость грунтов:

$$\xi_\varphi = \frac{\varphi_x}{\varphi}$$

ξ_L - относительная длина оттока фильтрационно-грунтовых вод:

$$\xi_L = \frac{L_x}{L}$$

При близком залегании уровня грунтовых вод определенная часть их расходуется на суммарное испарение. Величина этого испарения при его наиболее реальной квадратичной зависимости от глубины залегания фильтрационно-грунтовых вод равна [2]:

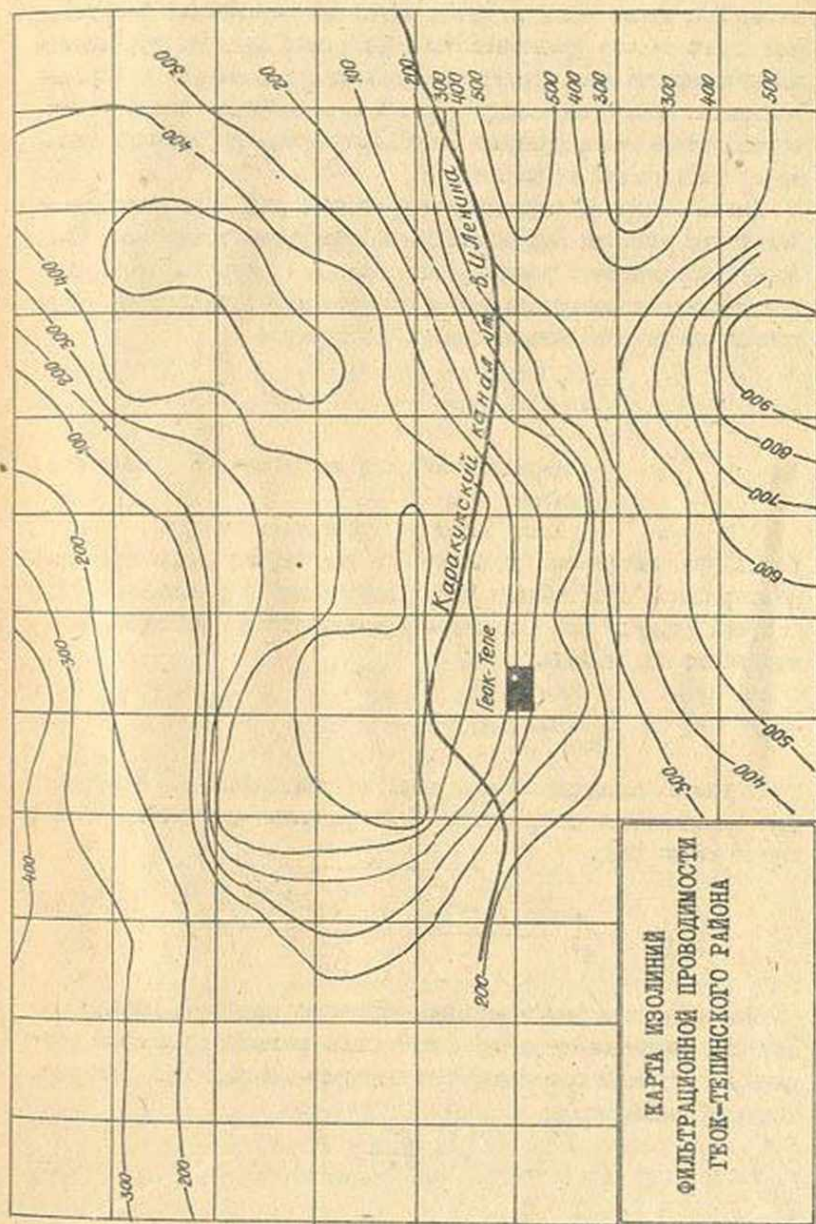
$$Q_u = \frac{2}{3} e_u E_u, \quad (5)$$

где e_u - длина фильтрационно-грунтового потока, с поверхности которого происходит испарение;
 E_u - интенсивность максимально возможного испарения с поверхности фильтрационно-грунтовых вод.

Тогда формулу (4) с учетом суммарного испарения с поверхности фильтрационно-грунтовых вод получим в виде:

$$Q_x = \frac{Q \left(\xi_L + \frac{1}{3} e_u^x E_u^x \right)}{\xi_L + \frac{1}{3} e_u E_u} \quad (6)$$

При определении фильтрационных потерь воды из каналов по формулам (4) и (6) используется карта фильтрационной проводимости (см. рисунок), которая составляется следующим образом: при глубоком залегании водоупора и близком расположении уровня грунтовых вод среднюю мощность грунтового потока без большой погрешности можно заменить глубиной залегания водоупора. На карты глубин залегания уровня грунтовых вод и фильтрационной проводимости (КТ) исследуемой территории наносят сетку так, чтобы узлы ее соответствовали друг другу. Затем, взяв с карт значения Но и КТ для всех узлов сетки, вычисляют фильтрационную проводимость в соответствующих узлах и проводят на карте линии равных значений величины фильтрационной проводимости, т.е. выполняют районирование по величине фильтрационной проводимости гру-



нтов. При этом, если водоупор залегает на глубине большей, чем длина оттока фильтрационно-грунтовых вод, то при вычислении величины фильтрационной проводимости вместо глубины залегания водоупора следует принимать значение длины оттока с тем, чтобы незаслуженно не завышать роль грунтового потока в фильтрации из канала.

Длина оттока фильтрационно-грунтовых вод в зависимости от имеющихся условий определялась из следующих уравнений. Так, при установившемся режиме фильтрации и отсутствии испарения с поверхности фильтрационно-грунтовых вод потери воды из канала могут быть определены из уравнения:

$$Q_{om} = k \cdot i_0 \cdot T_0, \quad (7)$$

где T_0 — глубина залегания водоупора от уровня грунтовых вод;

i_0 — уклон бытового грунтового потока.

Тогда, рассматривая уравнение (3) для случая односторонней фильтрации и приравнявая его правую часть к выражению (7), получим формулу для определения длины оттока фильтрационно-грунтовых вод в виде:

$$L_{om} = \beta \Delta \frac{H_0}{i_0} \cdot \frac{T_{cp}}{T_0}. \quad (8)$$

С учетом суммарного испарения по уравнению (5) формула для определения длины оттока фильтрационно-грунтовых вод будет иметь вид:

$$L_{om} = \frac{3}{4} \cdot \frac{\sqrt{(k i_0 T_0)^2 + \frac{8}{3} E_u k \beta \Delta H_0 T_{cp}} - k i_0 T_0}{E_u} \quad (9)$$

Длина оттока фильтрационно-грунтовых вод приближенно может быть определена и по соотношению площади орошаемой территории и общей протяженности внутрихозяйственных каналов, которое имеет вид:

$$L_{om} = \frac{10^4}{2E} \quad (10)$$

где ℓ — протяженность внутрихозяйственных каналов на один гектар.

Однако формулой (10) следует пользоваться лишь в тех случаях, когда по тем или иным причинам нельзя использовать другие, более точные зависимости, например, уравнения (8) и (9).

При районировании орошаемых территорий иногда возникает необходимость оценки удельных фильтрационных потерь воды из каналов, фильтрация из которых протекает в различных режимах. Такой подход может быть осуществлен по отношению соответствующих расчетных формул. Например, из отношения зависимостей (1) и (3) получим формулы перехода от подпертой к свободной и от свободной к подпертой фильтрации, имеющие соответственно вид:

$$Q_{n.cв.} = \frac{Q k_x X_x L}{2\varphi}$$

и

$$Q_{св.п.} = \frac{2 Q_{св.} \varphi_x}{k_x L_x}$$

Аналогично по формуле С.Ф. Аверьянова [1] и уравнению (5) получим зависимости для перехода от подтопленной фильтрации / 4 / к свободной и наоборот с учетом суммарного испарения с поверхности фильтрационно-грунтовых вод:

$$Q_{под.св.} = \frac{Q k_x X_x}{1,128 \left(\frac{\varphi}{L} + \frac{2}{3} E_v e_v \right)}$$

и

$$Q_{св.под.} = \frac{1,128 \left(Q_{св.} \frac{\varphi}{L} + \frac{2}{3} E_v e_v \right)}{k_x X}$$

Сопоставление расчетных показателей, полученных по предлагаемой методике, с данными натурных исследований, выполненных авторами в хозяйствах Геок-Тепинского района Ашхабадской области Туркменской ССР, показало, что они близки друг к другу (см. таблицу). Наибольшее расхождение расчетных и фактических величин удельных фильтрационных потерь воды из каналов не превышает 15-20 %, что для прогнозных и

Сопоставление потерь воды из каналов

Коэффи- циент фильтра- ции,	Смочен- ный пе- риметр, м	Фильтра- ционная провод- имость, мость	Режим фи- льтрации	Длина оттока, м	$\sum K$	$\sum X$	$\sum \frac{K}{X}$	Потери, м ³ /с	Коэффи- циент несоот- ветствия расчет- ные : факти- ческие	Потери, м ³ /с	Коэффи- циент несоот- ветствия расчет- ные : факти- ческие
0,10	3,00	350	свободный							0,0130	
0,16	3,20	350	подпертый	3000	-	-	-	0,0101	0,0091	+1,110	
0,10	3,00	300	свободный	-	1,0	1,000	1,000	0,0130	0,0130	1,000	8
0,10	1,60	500	свободный	-	1,0	1,875	0,533	0,0070	0,0085	-1,120	
0,06	1,50	400	свободный	-	0,6	2,000	0,300	0,0390	0,0370	+1,054	

* Известные данные первой строки принимались за исходные показатели для расчетов, остальные условно считались искомыми.

эксплуатационных расчетов является вполне допустимым.

Таким образом, удельные фильтрационные потери воды по предлагаемой методике могут быть определены на всех каналах внутрихозяйственной сети и по их величине произведено районирование орошаемой территории. При необходимости орошаемая территория может быть районирована и по величине коэффициентов полезного действия каналов. Такое районирование орошаемой территории позволит наиболее обоснованно и оперативно составлять планы водопользования и водораспределения и своевременно разрабатывать и осуществлять мероприятия по дальнейшему совершенствованию эксплуатации оросительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод. В сб.: "Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод", вып. I, изд. АН СССР, 1956.
2. Бакашев Н.А., Новицкий В.А., Сапаров Б. Некоторые вопросы фильтрации и коагуляции русла каналов. Ашхабад, "Ылым", 1973.
3. Костяков А.Н. Основы мелиораций. М., Сельхозиздат, 1971.
4. Новицкий В.А. Некоторые критериальные и расчетные зависимости фильтрации из каналов. Автореферат кандидатской диссертации. М., 1974.

Математик М.Ч. ГАРАТУЛОВ,
канд. техн. наук Б. САПАРОВ

К РАСЧЕТУ СВОБОДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ГОРИЗОНТА ВОДЫ

С развитием орошаемого земледелия все больший размах получает строительство водохранилищ. В результате сезонного или многолетнего регулирования стока рек водохранилищами горизонты воды в последних постоянно изменяются. При этом максимальные горизонты воды обуславливают наибольшие, а минимальные — наименьшие потери ее из водохранилищ. Соответственно изменяется и коэффициент полезного действия их. Учет фильтрационных потерь воды по максимальному горизонту приводит к преждевременному заполнению водохранилищ, по минимальному — к не полному заполнению их в установленные сроки. При использовании среднего горизонта не удастся установить величину и знак погрешности расчетов.

Учет повышения горизонта воды в водохранилищах и каналах особенно важен при механическом водоподъеме, когда от количества и сроков водоподачи зависят мощность гидромеханического оборудования и режим эксплуатации насосных станций. Однако отсутствие решений не позволяет в расчетах фильтрации учитывать повышение горизонта воды.

В результате рассмотрения двухслойного строения грунтов водоносной толщи, часто встречаемого при осуществлении анти-фильтрационных мероприятий, нами получено решение для учета повышения горизонта воды в расчетах фильтрации. Допустим, что удельная водоподача за вычетом испарения с водной поверхности

расходуется на повышение горизонта воды и идет на фильтрацию из водохранилища. Тогда:

$$q = \frac{dH}{dt} + k \left(1 + \frac{H}{m}\right),$$

где q - удельный расход воды, подаваемый на единицу площади водохранилища за вычетом испарения с водной поверхности;

H - напор воды в момент времени t ;

k - коэффициент фильтрации грунтов или антифильтрационного экрана;

m - мощность покровного малопроницаемого слоя.

Отсюда для условия $H=H_0$ при $t=0$ получим:

$$H = H_0 + \frac{m}{k} (q - v_0) \left[1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right)\right], \quad (1)$$

где v_0 - начальный удельный расход фильтрации:

$$v_0 = k \left(1 + \frac{H_0}{m}\right);$$

H_0 - напор, создаваемый оставшимся в водохранилище объемом воды.

Зависимость (1) позволяет определить горизонт (следовательно, и объем) воды в водохранилище для любого момента времени t при удельной водоподаче q .

Из этого уравнения продолжительность водоподачи t_1 до достижения проектной отметки H_1 при постоянной удельной водоподаче q будет:

$$t_1 = \frac{m}{k} \ln \left[1 + \frac{H_1 - H_0}{\frac{m}{k} (q - v_1)}\right], \quad (2)$$

где v_1 - конечный удельный расход фильтрации:

$$v_1 = k \left(1 + \frac{H_1}{m}\right).$$

Если для установления мощности гидромеханического оборудования насосных станций или в связи с какими-то другими обстоятельствами необходимо определить величину удельной водоподачи, обеспечивающей достижение проектной отметки H_1 за какой-то установленный срок t , то следует воспользоваться фор-

мулой:

$$q = \frac{v_f - v_0 \exp\left(-\frac{k}{m} t\right)}{1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right)} \quad (3)$$

Фильтрационные потери из водохранилища в период его наполнения могут быть определены по следующему балансовому уравнению:

$$S = q t - \frac{m}{k} (q - v_0) \left[1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right)\right], \quad (4)$$

где S — слой воды, фильтрующейся из водохранилища за время t .

Отсюда для определения удельного расхода фильтрации получим формулу в виде:

$$v = v_0 + (q - v_0) \left[1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right)\right]. \quad (5)$$

Следует отметить, что при отсутствии водоподачи ($q = 0$) из уравнения (4) получим формулу А.Н. Костякова^ж, имеющую вид:

$$S = (m + H_0) \left[1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right)\right]$$

Если в водохранилище подается расход $q > v_f$, то фильтрационные потери растут от $v = v_0$ при $t = 0$ до $v = v_f$ при $t = t_f$, что видно из формул (2) и (5). При этом функция $v(t)$ является выпуклой (рис. 1), поскольку вторая производная при любом t отрицательная:

$$v''(t) = -\left(\frac{k}{m}\right)^2 (q - v_0) \exp\left(-\frac{k}{m} t\right) < 0.$$

В случае отсутствия водоподачи, как видно из формулы А.Н. Костякова, функция $v(t)$ убывает и является вогнутой (рис. 1):

$$v''(t) = \left(\frac{k}{m}\right)^2 (m + H_0) \exp\left(-\frac{k}{m} t\right) > 0.$$

^ж А.Н. Костяков. Основные элементы расчета осушительных систем. М., 1916.

Расчет фильтрационных потерь из водохранилища по среднему напору воды $H_{cp} = 0,5 \cdot (H_0 + H_1)$ приводит к некоторому занижению значения $S(t)$. Поэтому найденную таким путем

величину фильтрационных потерь в предварительных расчетах можно принять за нижний предел изменения их значений. Наибольшие величины потерь определяются по максимальному горизонту воды:

$$S_{max} = v_f \cdot t$$

Отметим, что приведенные решения могут быть использованы и для определения коэффициента фильтрации грунтов. Так, из зависимости (I) для двух моментов времени и получим два уравнения:

$$H'(t_1) = (q - v_0) \exp\left(-\frac{k}{m} t_1\right), \quad (6)$$

$$H'(t_2) = (q - v_0) \exp\left(-\frac{k}{m} t_2\right). \quad (7)$$

Совместно решая эти уравнения, после некоторого преобразования получим следующую формулу для определения коэффициента фильтрации грунтов по данным налива воды в шурфы:

$$k = \frac{m}{t_2 - t_1} \cdot \ln \frac{H'(t_1)}{H'(t_2)}. \quad (8)$$

Для определения коэффициента фильтрации по формуле (8) нет необходимости иметь весь график кривой $H(t)$ как обычно (рис. 2). Достаточно иметь несколько значений скорости $H'(t)$ и время замеров этих скоростей для вычисления

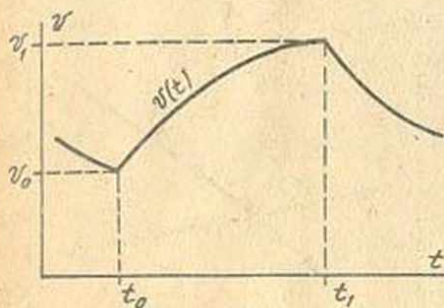


Рис. 1. Динамика фильтрационных потерь из водохранилища

разности $t_2 - t_1$. При этом, по данным одного и того же опыта, коэффициент фильтрации грунтов можно определять многократно, избегая случайные ошибки.

В заключение отметим, что для начальных моментов времени, когда $kt \ll m$, выведенные формулы значительно упрощаются и имеют вид:

$$H = H_0 - (q - v_0) \cdot t,$$

отсюда

$$t = \frac{H - H_0}{q - v_0};$$

$$q = v_0 + \frac{H - H_0}{t};$$

— формула (4):

$$S = v_0 t;$$

— формула (5)

$$v = v_0 + \frac{k}{m}(q - v_0)t;$$

— формулы (6) и (7):

$$H'(t_1) = (q - v_0) \left(1 - \frac{k}{m} t_1\right),$$

$$H'(t_2) = (q - v_0) \left(1 - \frac{k}{m} t_2\right);$$

отсюда:

$$k = m \frac{H'(t_1) - H'(t_2)}{t_2 H'(t_1) - t_1 H'(t_2)} \cdot m.$$

Таким образом, полученные решения позволяют специалистам более обоснованно рассчитывать свободную фильтрацию из водохранилищ и определять коэффициенты фильтрации грунтов с учетом повышения горизонта воды.

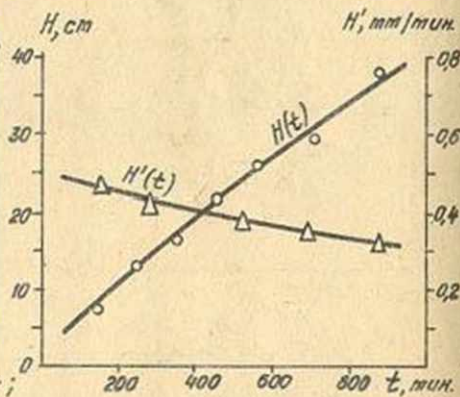


Рис. 2. Данные опыта
налива воды в шурф $m = 20$ см

Математик М.Ч. ГАРАГУЛОВ

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ЗОНЫ АЭРАЦИИ

Коэффициент фильтрации (K), недостаток насыщения (μ) и высота капиллярного поднятия (H_k) являются основными параметрами грунтов зоны аэрации при фильтрационных расчетах. Правильное их определение в значительной мере гарантирует достоверность прогнозов.

Из всех методов определения коэффициента фильтрации (табличные, расчетные, лабораторные и полевые) несомненное преимущество имеют способы определения его в естественных условиях опытными наливками.

Переменность градиента потока при этом учитывается уравнением неустановившейся свободной фильтрации [8]:

$$\mu \frac{de}{dt} = k \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e} \right), \quad (1)$$

где e — глубина промачивания грунта в момент времени t ;

H — глубина воды над зоной аэрации в тот же момент времени;

β — коэффициент, учитывающий степень влияния капиллярных сил на скорость впитывания (по Н.Н. Биндеману [2] $\beta = 0,5$).

Использование уравнения (1) при обработке данных опытного налива, по исследованиям Н.Н. Веригина [6], дает возможность

производить налив при любой мощности зоны аэрации, сократить длительность опытов, уменьшить потребный объем воды, определять недостаток насыщения и высоту капиллярного поднятия, находить коэффициент фильтрации грунтов зоны аэрации многократно по данным одного и того же налива (взаимоконтроль результатов опыта).

Для пользования методикой Н.Н. Веригина [6] нужно по зафиксированному в ходе опытного налива объемам впитывания $W(t)$ и расходам фильтрации $v(t)$ построить графики этих функций (рис. 1). Расчет коэффициента

фильтрации производится по объемам впитывания и расходам фильтрации, при этом оба расчета должны давать одинаковые результаты и контролиро-

вать друг друга. При обработке данных опытного налива по объемам впитывания применяется также методика Н.Н. Бендеманса [3]. Коэффициент фильтрации при этом вычисляется по формуле:

$$k = z \cdot \frac{W_*}{F \cdot t_*}, \quad (2)$$

где F — площадь учетного кольца;

W_* — объем впитавшейся в грунт воды за время t_* ;

$z = \frac{G(x)}{x}$; x — находится из параметрического уравнения:

$$G - (p \cdot x) - q \cdot G(x) = 0, \quad (3)$$

где $p = \frac{W}{W_*}$, $q = \frac{t}{t_*}$; (4)

$$G(x) = x - \ln(1+x). \quad (5)$$

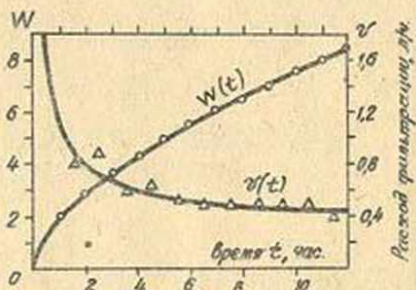


Рис. 1. Данные опытного налива (по Н.Н. Бендеману)

Следует отметить, что Н.Н. Биндеман [3] рассматривает только частный случай ($P=0,5$) уравнения (3), общий случай которого был рассмотрен еще в 1946 г. Н.Н. Веригиным [6].

Проведенный нами анализ уравнения (3) показывает, что при малых величинах X эталонные кривые для определения значения Z лучше всего строить с помощью зависимости:

$$q = \frac{G(px)}{G(x)}, \quad (6)$$

не для переменной $0 < X < \infty$, а для переменной Z в интервале $(0; 1)$.

Эталонные кривые для определения значения Z (рис. 2) показывают, что условием разрешимости параметрического уравнения (3) является неравенство

$$p^2 \leq q \leq p,$$

которое легко получается из уравнения (3) по правилу Лопиталя:

$$\lim_{x \rightarrow 0} q = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{G(px)}{G(x)} p^2 \lim_{x \rightarrow 0} \frac{x+1}{px+1},$$

откуда:

$$\lim_{x \rightarrow 0} q = p^2 \text{ и } \lim_{x \rightarrow \infty} q = p$$

Из этого следует, что предложенная Н.Н. Биндеманом [3] методика применима только в интервале $2 \leq t_*/t \leq 4$.

При вычислении коэффициента фильтрации по предлагаемой методике нужно:

- а) взять любую точку по оси t и зафиксировать ее (t_*), затем из графика кривой $W(t)$ найти объем впитывания W_* , соответствующий выбранному значению t_* ;
- б) по известной площади дна зумифа F и по зафиксированным t_* и W_* найти отношение $W_*/(F \cdot t_*)$ необходимое для формулы (2);
- в) вычислив несколько значений t/t_* и W/W_* и нанеся на эталонные кривые (рис. 2) эти точки, определить значение Z и по формуле (2) вычислить коэффициент фильтрации.

Для проверки предлагаемого способа нами произведена обработка данных опытного налива в легкие суглинки [3]. При использовании нашего метода обработки по данным налива про-

должительностью 4 часа получено полное совпадение результатов в сравнении с продолжительностью опыта 12 часов.

Обработка кривой $v(t)$ по уравнениям неустановившегося движения должна давать такой же результат. В настоящее время имеется только одна методика для обработки кривой $v(t)$, основанная на теории неустановившейся свободной фильтрации, разработанная Н.Н. Веригиным [6]. Эта методика включена в методические указания [7].

Анализ решения уравнения (I) показал, что исходная зависимость, положенная в основу предложенной Н.Н. Веригиным [6] методики, выведена с помощью неверного допущения:

$$\frac{v_* - KF}{v - KF} = \frac{v_*}{v},$$

которое приводит к ошибочным результатам. Модифицируя известное уравнение В.В. Ведерникова [5] для определения коэффициента фильтрации зоны аэрации по данным опытных наливов и вводя обозначения:

$$p = \frac{v_*}{v}, \quad q = \frac{t}{t_*} \quad \text{и} \quad z = \frac{KF}{v_*}, \quad (7)$$

получим:

$$G\left(\frac{p}{1-p}\right) - qQ\left(\frac{z}{1-p}\right) = 0 \quad (8)$$

При вычислении коэффициента фильтрации по предлагаемой методике нужно:

а) взять любую точку по оси t и зафиксировать ее (t_*), затем из графика кривой $v(t)$ (рис. 1) найти расход филь-

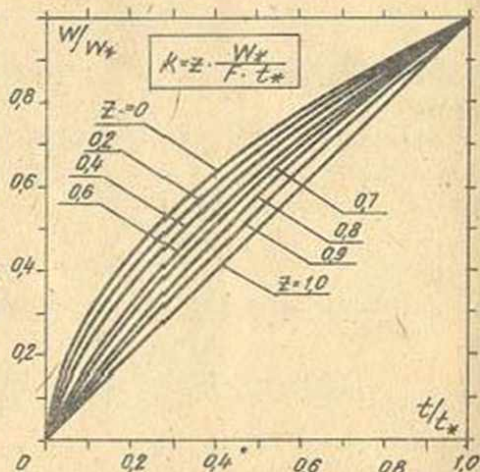


Рис. 2. Эталонные кривые для определения значения z

рации v_* , соответствующий выбранному значению t_* ;

б) вычислив несколько значений t/t_* и v_*/v и нанеся на эталонные кривые (рис. 3) эти точки, определить значение ξ

и затем по формуле (7) вычислить коэффициент фильтрации. Проверка предлагаемого способа обработки кривой (рис. 1) $v(t)$ показала, что обе методики обработки (по объемам и по расходам) дают практически одинаковую величину коэффициента фильтрации. Это позволяет рекомендовать их для практического использования.

Эталонные кривые для определения значения ξ (рис. 3) показывают, что условием разрешимости параметрического уравнения (8) является неравенство:

$$\sqrt{q} < p \leq 1,$$

которое легко получается из уравнения (8) по правилу Лопиталя. Из условия разрешимости уравнения (8) следует, что общеизвестная методика А.К. Болдырева [4] является предельным случаем (при $p = 1$) предлагаемой нами методики, поэтому параметр p можно рассматривать как поправочный коэффициент к формуле А.К. Болдырева.

Следует иметь в виду, что предлагаемая методика может применяться только в случаях, когда опытные точки попадают в область эталонных кривых ξ и p (рис. 2 и 3).

Для определения недостатка насыщения μ и высоты капиллярного поднятия H_K нужно знать, хотя бы для одного момента времени t , глубину промачивания e [3, 6]. Однако величины μ и H_K можно определить и при неизвестной глубине про-

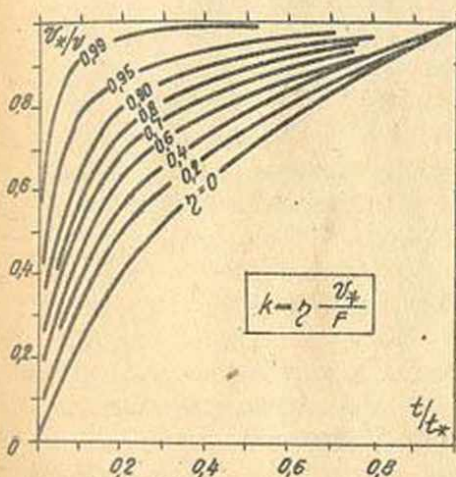


Рис. 3. Эталонные кривые для определения значения

мачивания следующим образом. Уравнение с двумя неизвестными μ и H_K :

$$H + \beta H_K = \left(\frac{v}{kF} - 1 \right) \frac{W}{\mu F} \quad (9)$$

после преобразования имеет вид [1]:

$$vW = kF \cdot W + A. \quad (10)$$

Это выражение представляет собой уравнение прямой в координатах $vW - W$ с наклоном kF , отсекающей на оси vW отрезок:

$$A = k\mu F^2(H + \beta H_K). \quad (11)$$

Если во время опытного налива по высоте увлажнения стенки шурфа установить величину H_K , то с помощью зависимости (11) можно определить недостаток насыщения грунтов зоны аэрации. Проверка показала, что для рассматриваемого примера (рис. 1) сумма $H + \beta H_K = 1,15$ м [3], тогда из зависимости (11) получим $\mu = 0,11$, что совпадает с найденным в работе [3] значением недостатка насыщения.

ВЫВОДЫ

1. Методики Н.Н. Веригина и Н.Н. Биндемана для обработки кривой $W(t)$ по теории неустановившейся свободной фильтрации обобщены и сведены к единой упрощенной методике (рис. 2).

2. Для обработки кривой $v(t)$ предложена новая методика (рис. 3), которая показывает погрешность, которую имеет широко применяемая в практике методика А.К. Болдырева.

3. Совместное рассмотрение кривых $W(t)$ и $v(t)$ дает возможность получить одно уравнение для определения двух других фильтрационных характеристик (μ , H_K) грунтов зоны аэрации, необходимых для расчета неустановившейся фильтрации.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б а д о в В.В. Оценка водопроницаемости пород лабораторными и полевыми определениями. "Вестник Московского университета". Геология (серия IV), 1971, № 5.

2. Б и н д е м а н Н.Н. Определение коэффициента фильтрации горных пород методом инфильтрации из дурфоя. М.-Л., Госэнергоиздат, 1947.

3. Б и н д е м а н Н.Н. Определение водопроницаемости горных пород методом инфильтрации при неустановившемся движении. - "Разведка и охрана недр", 1957, № 10.

4. Б о л д ы р е в А.К. Опыты над фильтрацией в горных породах *in situ* в связи с проектом водохранилища на р. Чу в Туркестане. "Материалы по общей и прикладной геологии". Геологический комитет. Л., 1926, вып. 27.

5. В е д е р н и к о в В.В. Фильтрация из каналов. М., Госстройиздат, 1934.

6. В е р и г и н Н.Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962.

7. М е т о д и к а гидрогеологических исследований при инженерно-геологических изысканиях. М., ЦНИИИС Госстроя СССР, 1970.

8. Green W.A. *Ampt G.A. Studies on soil physics.*
1. The flow of air and water through soils.
J. Agr. Sci. 1911. vol. 4, p. 1-24.

Гор. инж.-гидрогеолог Б. ДЖОРАЕВ

ВЛИЯНИЕ ГЛАВНОГО ЛЕВОБЕРЕЖНОГО
КОЛЛЕКТОРА НА РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД

Чарджоуский оазис — один из древних очагов земледельческой культуры в Средней Азии, где благоприятно сочетаются необходимые для сельскохозяйственного производства почвенные и климатические условия при наличии водных ресурсов. В оазисе возделывают более 100 сельскохозяйственных культур, добываясь высоких урожаев. Главная культура — хлопчатник.

В целях улучшения мелиоративного состояния орошаемых и прилегающих к ним земель с 1953 г. здесь развернулось строительство крупной мелиоративной системы Главного левобережного коллектора, сооружение которого было начато в 1961 г. Общая протяженность Главного левобережного коллектора от пос. Карабекаул до пос. Испаз (в 35 км северо-западнее пос. Дейнау) составляет 211,3 км при средней глубине 7–8 м. Он собирает дренажный сток карабекаульских, саятских, чарджоуских и дейнауских коллекторов и сбрасывает его в Амударью. В период больших расходов реки дополнительным водоприемником служит естественная впадина Катта-Шор емкостью около 45 млн. м³, расположенная среди песков в 14 км северо-западнее пос. Дейнау.

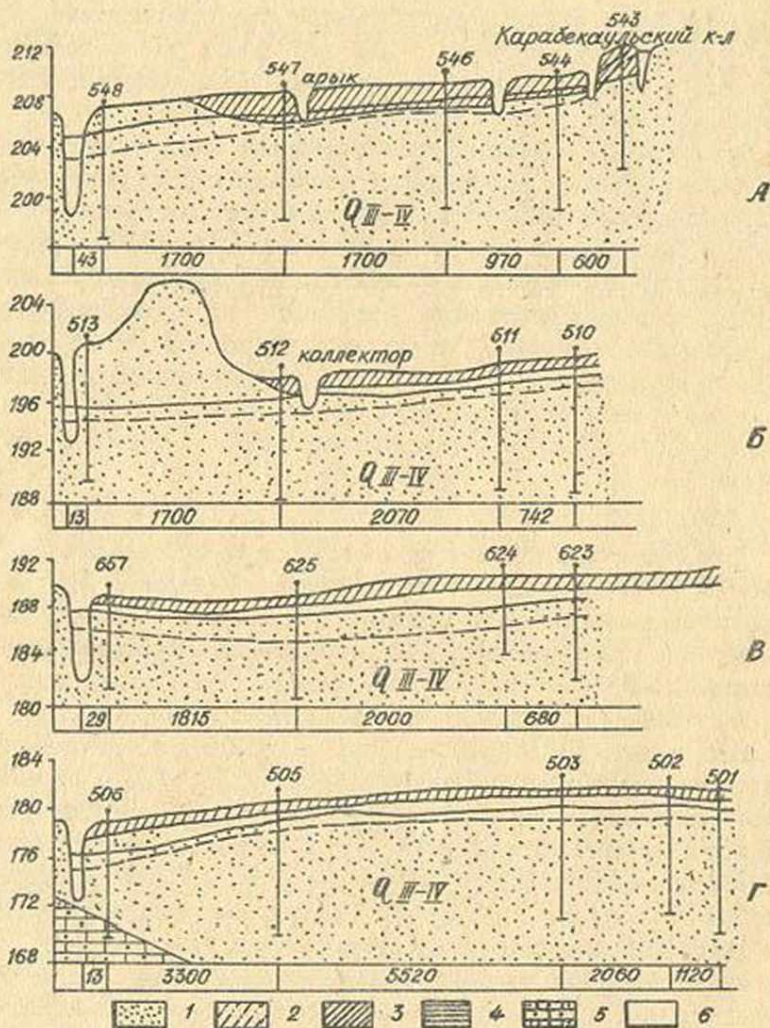
С вводом в эксплуатацию Главного левобережного коллектора в зоне его влияния началось снижение уровня грунтовых вод, глубина залегания которых составляла здесь 0–2 м от поверхности земли, при их минерализации 12–15 г/л [1, 6]. Режимные наблюдения за уровнем, минерализацией и химическим сос-

тавом грунтовых вод проводятся по четырем створам, заложенным нормально к коллектору, с 1961 г.* Однако до настоящего времени не определена зона его влияния, что и послужило причиной постановки данного вопроса.

Наблюдения по скважинам показывают, что изменения уровня залегания грунтовых вод на рассматриваемой территории обусловлены орошением, частотой полива сельскохозяйственных культур и подачей воды в оросительные каналы. Каково же влияние Главного левобережного коллектора на режим грунтовых вод?

Судя по данным наблюдений, полученным по скважине 548 в Карабекаульском створе, расположенной на расстоянии 600 м от внешней кромки долины и 43 м от Главного левобережного коллектора, уровень грунтовых вод, залегавший на глубине до 1 м, после ввода коллектора в эксплуатацию (1965 г.) снизился до глубины 3-4 м.

* Режимные наблюдения в зоне Главного левобережного коллектора проводятся Амударьинским режимным отрядом [4]. Водовмещающие породы здесь состоят из аллювиальных отложений Амударьи и континентальных отложений неогена. Верхний 2-3 - метровый слой более тяжелый, представлен супесями, суглинками и глинами (см. рисунок). Общая мощность амударьинского аллювия колеблется в пределах 50-60 м на юге и 20-30 м на севере с коэффициентом фильтрации 15-25 м/сут. [3, 5]. Мощность залегающих ниже песчаников, глин и песков неогена с коэффициентом фильтрации 0,5-8,5 м/сут. изменяется в пределах рассматриваемого района от 30 до 500 м [2]. Ниже залегают отложения палеогена, представленные глинами, которые являются региональным водоупором. Грунтовые воды, приуроченные к неогенчетвертичным отложениям, представляют единый гидравлически связанный водоносный горизонт и находятся на глубине от 1-3 местами до 5 м. Питание грунтовых вод происходит за счет русловых потерь Амударьи и ирригационных каналов, а также инфильтрации оросительных вод, расход - в основном и подземный отток в сторону Каракумов и на суммарное испарение.



Геолого-гидрогеологический профиль

по створам в Главном левобережном коллекторе:

А - Карабекаульский створ, Б - Саятский, В - Чардауский, Г - Московский; 1 - песок; 2 - супесь; 3 - суглинок; 4 - глина; 5 - песчаник; 6 - положение уровня грунтовых вод: сплошная линия - на максимум, пунктирная на - минимум

В сезонном колебании уровня грунтовых вод минимум стояния его приурочен к ноябрю-декабрю, максимум — к июню-июлю. Средняя скорость подъема за 1976 г. составила 9 см/месяц, спада — 13 см/месяц при высоте подъема и спада 64 см. Интенсивный спад уровня грунтовых вод в зоне влияния Главного левобережного коллектора происходил в период с 1965 по 1970 гг. С 1971 года колебания уровня грунтовых вод приобрели установившийся характер. Интенсивный спад грунтовых вод произошел в 1973 г. в результате очистки коллектора от наносов. С 1973 г. наприлегающей к Главному левобережному коллектору площади Карабекаульского створа, которая ранее характеризовалась как засоленный перелог, высевается кукуруза. В летнее время грунтовые воды на этой площади залегают на глубине 2,9–3,2 м при зоне влияния коллектора до 1700 м. В зимний период в связи с прекращением поливов и подачи воды в каналы уровень грунтовых вод понижается до глубины 3,3–3,5 м, а зона влияния коллектора увеличивается до 3000 м, что связано с уменьшением питания грунтовых вод.

Минерализация грунтовых вод вблизи скважины 548 за счет дренирующего воздействия Главного левобережного коллектора уменьшилась с 11 до 2 г/л. Особенно заметно это проявилось с 1973 г. в связи с освоением близлежащих площадей при грузных поливах и рассолением бывших перелогов и солончаков. В результате резкого снижения минерализации грунтовых вод изменился их химический состав — сульфатно-хлоридно-натриевый перешел в сульфатно-кальциевый.

В Саятском районе до строительства Главного левобережного коллектора уровень грунтовых вод находился почти на поверхности — 0–1 м (скважина 513 в 13 км от коллектора). Минимум стояния уровня приурочен к январю-началу февраля. С конца февраля до начала июля наблюдался подъем уровня грунтовых вод с максимумом в августе. Средняя скорость его подъема составляет 13 см/месяц, спада — 25 см/месяц при высоте подъема и спада 1,05 м. Подъем грунтовых вод обусловлен инфильтрацией ирригационных вод преимущественно в весенний период. Спад уровня грунтовых вод происходит в связи с прекращением поливов прилегающих земель.

За пятилетний период (1965-1970 гг.) работы Главного левобережного коллектора уровень грунтовых вод заметно снизился, с 1971 по 1974 гг. он стабилизировался на более низких отметках, с 1975 г. наблюдался его подъем. Зона влияния Главного левобережного коллектора в летнее время достигает 1500 м, в зимний период она увеличивается до 2000 м.

По Чарджоускому створу до строительства Главного левобережного коллектора грунтовые воды залегали на глубине до 1 м с минерализацией более 10 г/л (скважина 657 в 29 м от коллектора). Минимум приурочен к декабрю. С конца декабря до начала марта происходит подъем грунтовых вод со средней скоростью 18 см/месяц с последующим снижением в течение 2 месяцев со средней скоростью 13 см/месяц. В начале мая наблюдается второй подъем со скоростью 8 см/месяц при интенсивном спаде со скоростью 24 см/месяц в августе-декабре.

За двенадцатилетний период (1965-1976 гг.) уровень грунтовых вод повысился. Подъем грунтовых вод происходил в результате того, что при освоении близлежащих площадей Главный левобережный коллектор на участке Сакар-Чарджоу не успевал отводить минерализованные воды. Таким образом, даже в зоне влияния крупных коллекторов, при увеличении питания грунтовых вод за счет роста вододачи на орошение происходит не снижение, а подъем их уровня.

По Московскому створу до строительства Главного левобережного коллектора грунтовые воды залегали на глубине до 1,0 м (скважина 506 на расстоянии 13 м от коллектора). В начальный период (1961-1964 гг.) эксплуатации коллектора наблюдалось снижение их уровня, в последующие шесть лет (1965-1970 гг.) - стабильное положение его. Далее, с 1971 г. по 1972 г., отмечался подъем грунтовых вод в результате орошения близрасположенных полей. С 1973 г. по настоящее время уровень грунтовых вод снижается. В сезонной динамике его колебаний минимум приурочен к декабрю. Интенсивный подъем начинается с января до апреля со скоростью 21 см/месяц. С апреля по май отмечается спад уровня со скоростью 6,0 см/месяц. В течение последующих трех месяцев происходит подъем со скоростью 11 см/месяц. С начала сентября до конца года наблюдается спад уровней со скоростью 17 см/месяц. Следовательно, в сезонном режиме грунтовых

III

вод отмечается два максимума и два минимума стояния грунтовых вод. Зона влияния Главного левобережного коллектора летом достигает 2000 м, зимой - 2000-2500 м.

За рассматриваемый период (1961-1976 гг.) в зоне Главного левобережного коллектора в связи с расширением орошаемых площадей водозабор на орошение увеличился почти в 2,5 раза, отводимый дренажный сток - более чем в 13 раз, т.е. с 99,9 млн. м³ до 1330,8 млн. м³, отводимый твердый сток солей - с 900 тыс. тонн до 4 млн. тонн. Минерализация дренажных вод уменьшилась с 12 до 3 г/л, изменился химический состав отводимых вод - хлоридно-натриевый перешел в сульфатно-кальциевый.

Таким образом, эффективность Главного левобережного коллектора проявляется в ликвидации наиболее опасных для засоления почв минимальных глубин залегания грунтовых вод (0-1 м) и в снижении засоленности почв Карабекаульского, Саятского, Чарджоуского и Дейнауского районов. Вследствие улучшения мелиоративного состояния земель отмечается повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Анализируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1. Режим грунтовых вод формируется под влиянием гидрогеологических и ирригационных факторов. Максимум стояния уровня грунтовых вод в зоне коллекторно-дренажной сети отмечается в мае-июле, минимум - с декабря по февраль.

2. Влияние Главного левобережного коллектора на режим грунтовых вод распространяется до 1500-1700 м, в зимнее время - до 3000 м.

3. Минерализация грунтовых вод в зоне влияния Главного левобережного коллектора уменьшилась с 12 до 3 г/л, изменился химический состав грунтовых вод - хлоридно-натриевый перешел в сульфатно-кальциевый.

4. Подъем уровня минерализованных грунтовых вод на территории Чарджоуского района связан с близким (20-30 м) залеганием регионального водоупора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годовые отчеты Чарджоуского ОблУОСа по водопользованию и мелиорации за 1959-1976 гг. Ашхабад. Архив ММ и ВХ ТССР.

2. Джораев Б., Мальцев Л.М. Режим грунтовых вод долины среднего течения Амударьи. В сб.: "Повышение эффективности мелиоративных систем", Ашхабад, "Илим", 1977.

3. Мальцев Л.М. Режим грунтовых вод долины среднего течения Амударьи. Отчет по теме № 17. Раздел I. Фонды ТГУ, 1970.

4. Надиров Б. Отчет по строительству режимной сети в долине Амударьи и о результатах режимных наблюдений за 1959-1961 гг. Фонды УТСМ ТССР, 1961.

5. Скоркина Н.М., Гольденберг И.М. Отчет о гидрогеологических исследованиях в долине р. Амударьи от ст. Келиф до пос. Дейнау для целей гидромелиоративного районирования. Фонды ТГУ, 1957.

6. Худайбердыев И. Отчет-ежегодник Амударьинской режимной партии за 1975-1976 гг. Фонды ТГУ, 1976-1977.

УДК 631.67:631.41:518.5

Кандидаты техн. наук
Х.А. АМАНОВ, Х. ЗАМАНМУРАД,
мелиоратор А. ЯЗКЛЫЧЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПЕРЕНОСА ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ
ПО ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Создание автоматизированных систем управления и выработка оптимальных решений регулирования водно-солевого режима почвогрунтов на мелиорируемых территориях является важнейшей задачей перехода на промышленную основу сельскохозяйственного производства. Эта задача выполняется на основе математической формализации основных физических закономерностей происходящих процессов в почвогрунтах мелиорируемых территорий и возможности использования современной вычислительной техники.

По методам математического моделирования известно, что основные закономерности влагообмена в почвогрунтах математически описываются не линейными дифференциальными уравнениями в частных производных второго порядка.

Используя для описания потока влаги феноменологические уравнения неравновесной термодинамики необратимых процессов с последующим пренебрежением вклада термодинамических сил, учитывающих градиентов температуры, концентрации растворенных веществ, потенциалов электрического поля в силу их малости, можно получить уравнение влагопереноса с учетом функции источников (стоков).

Это уравнение для одномерного случая в дифференциальной

форме имеет вид [1]:

$$z(p) \frac{\partial p(x,t)}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left[k(w) \frac{\partial p(x,t)}{\partial x} - k(w) \right] + G, \quad (1)$$

$(0 \leq x \leq H, 0 \leq t \leq T)$

где $z(p) = dw(x,t)/dp(x,t)$ — дифференциальная влагоемкость почвогрунта, $1/m$;

$w(x,t)$ — влажность почвогрунта в объемных долях;

$p(x,t)$ — давление почвенной влаги $M \cdot H_2O$;

$k(w)$ — коэффициент влагопроводности почвогрунта, m/cm ;

G — функция источников (стоков), учитывающая возможность влагопереноса через корневую систему растительного покрова $1/m$;

x — ордината, m ;

t — время, $сут$;

H — мощность расчетной толщи почвогрунтов, m ;

T — полное расчетное время, $сут$.

Из решения уравнения (1) можно получить функцию распределения давления в почвенной влаге, а из соотношений связывающих w и p — значения влажности:

$$w = F(p). \quad (2)$$

Однако это решение не однозначно, если к уравнению (1) не присоединены конкретные условия взаимодействия влагообмена в почвогрунтовой среде с внешней средой в пространственной и временной границе области исследования. Во временной области крайнее условие к уравнению (1) выражается в следующем виде:

$$p(x,t) \Big|_{t=0} = \varphi(x), \quad (0 \leq x \leq H). \quad (3)$$

Здесь функция $\varphi(x)$ является начальным профилем распределения давления и в нем должна отразиться вся предыдущая история процесса влагообмена до того времени, когда мы начинаем

отсчет времени для дальнейшего развития этого процесса.

Влияние различных значений функции $\varphi(x)$ на точность той или иной степени прогноза влагообмена в толще почвогрунтов могут быть выявлены при помощи расчета на ЭЦВМ.

В пространственной области краевые условия к уравнению (1) в наиболее общем виде могут быть выражены:

$$\left\{ \alpha \left[-k(w) \frac{\partial p(x,t)}{\partial x} + k(w) \right] + \beta \cdot p(x,t) \right\} \Big|_{x=0} = \mu(t); \quad (4)$$

$$\left\{ \delta \left[-k(w) \frac{\partial p(x,t)}{\partial x} + k(w) \right] + \delta \cdot p(x,t) \right\} \Big|_{x=n} = \nu(t). \quad (5)$$

В граничном условии (4) и (5) при различном выборе коэффициентов α, β, δ и δ краевые условия $\mu(t)$ и $\nu(t)$ выражают по-разному: либо в виде давления почвенной влаги, либо в виде потока влаги в зависимости от метеорологических, гидромелиоративных и гидрогеологических факторов на границе расчетной толщи почвогрунтов [1].

Для решения сформулированной краевой задачи (1), (4) и (5) еще необходимо знать способы функционального описания параметров $z(p)$, $k(w)$ и β от наиболее важных почвенно-мелиоративных и физиологических факторов в почвогрунтовой среде. Параметр $z(p)$ определяется численным дифференцированием из зависимости (2), коэффициент влагопроводности почвы $k(w)$, как известно, — в основном экспериментальным и расчетным способами.

Аппроксимационная-функциональная зависимость $k(w)$ от влажности имеет вид [3]:

$$k(w) = K_{\varphi} \left(\frac{w}{w_{\text{нас}}} \right)^n, \quad (6)$$

где K_{φ} — коэффициент фильтрации почвы;
 $w_{\text{нас}}$ — влажность почвы при полном насыщении;
 n — показатель степени.

Вместе с тем известны определенные трудности, особенно в отношении точности экспериментального или расчетного определения коэффициентов $k(w)$, связанные с учетом ряда вто-

ростепенных факторов, которые в явном виде не отражены в модели влагообмена, а именно: изменения физико-механического состава и свойств почвогрунтовой среды в процессе онтогенеза, температурного режима почвы в процессе сезонности в годовом цикле метеорологических элементов, солевого состава при недостаточном увлажнении или засоленности почвы и др. При написании влагообмена в почвогрунте с помощью уравнения (I) необходим учет этих факторов через $k(w)$ в виде следующей функциональной зависимости:

$$k(w) = k(w, T, C), \quad (7)$$

где T — потенциал температурного поля;
 C — концентрация почвенного раствора.

Зависимость (7) может быть выявлена при длительном исследовании изменения коэффициента $k(w)$ в процессе онтогенеза с учетом выявления динамики вышеуказанных факторов. Однако такой путь на данном уровне исследования по математическим методам существенно усложнил бы отыскание неизвестных поля потенциалов. Поэтому изменение этих факторов можно учитывать интегрально при определении степени n по формуле (6). Для этого, с учетом возможности использования в проектных и научно-исследовательских организациях инструментального способа определения влагосодержания почвогрунтов и вычислительной техники, можно предложить расчетно-балансовый метод определения значения величины k в почвенном профиле.

Расчетная формула имеет вид:

$$k_{i+1/2} = \frac{(x_{i+1} + 1) \bar{v}_{i+1} - (x_i + 1) \bar{v}_i + \bar{v}_{i+1} - \int_{x_i}^{x_{i+1}} [W(x, \Delta t) - W(x, 0)] / (x_i + 1) dx}{\int_0^{\Delta t} [P(x_{i+1} + 1) - P(x_i, t) - (x_{i+1} - x_i)] dt} \quad (8)$$

($i = 0, \dots, N-1$)

где $W(x, 0)$, $W(x, \Delta t)$ — распределение влажности по ординате в начале и конце расчетного периода Δt ,

$\bar{v}_i$ — распределение потока влаги на границе слоя x_i , которое определяется при условии, если известна ве-

личина потока хотя бы на одной границе из уравнения водного баланса:

$$V_i = V_{i+1} - \int_{x_i}^{x_{i+1}} [W(x, \Delta t) - W(x, 0)] dx + \int_0^{\Delta t} \int_{x_i}^{x_{i+1}} G dx dt. \quad (9)$$

Величина V_{ki+1} выражается:

$$V_{ki+1} = \int_0^{\Delta t} \int_{x_i}^{x_{i+1}} G(x, t) dx dt.$$

По формуле (8) можно вести расчет при условии, что, $\partial P(x, t) / \partial x$ сохраняет знак в исследуемой толще почвогрунтов. Это значит, что процесс должен протекать строго в одном направлении, т.е. поток влаги направлен или вертикально вниз (инфильтрация), или вертикально вверх (к испаряющей дневной поверхности). Последнее говорит об определении этого параметра с учетом влияния гистерезиса. При несоблюдении указанных условий по формуле (7) могут получиться физически не реальные величины K , например, $K < 0$.

По формулам (8) и (9) величина K в ненасыщенных почвогрунтах по характерным слоям в полевых (деляночных) опытах и лизиметрических установках определяется с помощью многократного измерения влажности инструментальными способами, поскольку балансовый метод в деляночном опыте и лизиметрические установки позволяют на достаточном уровне соблюдать требуемые условия определения по этой методике.

При этом степень n зависимости (6) на основе формулы (8) определяется по формуле [3]:

$$n = \frac{\int_0^{\Delta t} \int_{x_i}^{x_{i+1}} \ln K dx dt - \Delta t \cdot H \cdot \ln K_p}{\int_0^{\Delta t} \int_{x_i}^{x_{i+1}} \ln W(x, t) dx dt - \Delta t \cdot H \cdot \ln W_{\text{нас}}}. \quad (10)$$

Теперь функция источников и стоков G , учитывающая возможность влагопереноса через корневую систему растений, может быть задана с учетом развития эпюры расположения корневой системы и транспирационной способности растений по одной из расчетных формул. В частности, расчетная формула С.В.Нерпина и М.Г. Санояна имеет вид:

$$G = T_2(w, t) w(x, t) + \int_0^{e(t)} S(t) w(x, t) \left[\int_0^x P(x, t) w(x, t) dx - P(x, t) \right] (II)$$

В работе [3] предложены возможные упрощения зависимости (II):

- при экспоненциальном распределении корневых систем:

$$G = T_2(t) \exp\left[-\frac{x}{e(t)}\right] \int_0^{e(t)} \exp\left[-\frac{x}{e(t)}\right] dx; \quad (I2)$$

- в виде зависимости от влагопроводности почвы:

$$G = T_2(t) \cdot k(x, t) \int_0^{e(t)} k(x, t) dx; \quad (I3)$$

- при равномерном распределении корневых систем:

$$G = T_2(t) / e(t), \quad (I4)$$

где $T_2(t)$ - интенсивность транспирации растений, $м/сут$;

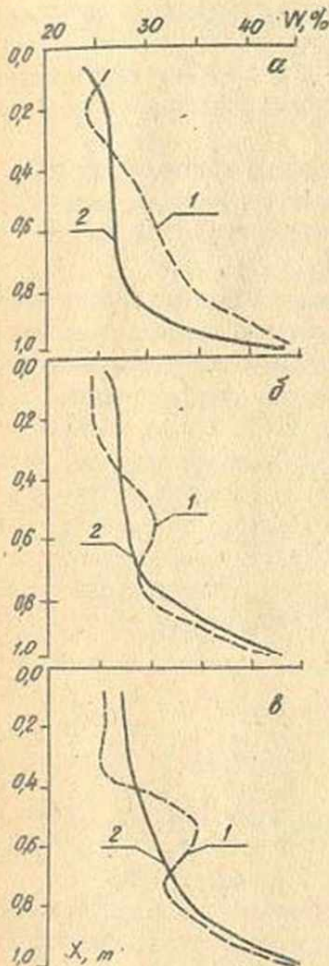
$w(x, t), \int S(t)$ - функции, выражающие интенсивность роста корневой системы растения;

$e(t)$ - интенсивность роста корневой системы растения вглубь.

При моделировании влагопереноса использование тех или иных (II) - (I4) описаний поглощения влаги корнями растений для функции G может быть установлено в стадии решения соответствующих краевых задач влагообмена на ЭЦВМ с учетом сопоставления экспериментальных и расчетных эпюр распределения влажности в корнеобитаемом слое.

Общая краевая задача влагообмена (1) и (3)-(5) ввиду нелинейности основного дифференциального уравнения (I) решается численным методом на ЭЦВМ. Для этого разрабатываются численные алгоритмы решения поставленной краевой задачи и на алгоритмическом языке составляется программа расчета на ЭЦВМ.

Программа расчета на ЭЦВМ для математической модели влагопереноса в зоне аэрации (I) и (3) - (5) составлена на алгоритмическом языке "АЛГОЛ".



Эпюры

влажности в лизиметре:
 1 — измеренные; 2 — вычисленные на ЭЦВМ; а — 25 мая; б — 25 июля; в — 25 октября

Известно, что использование математического аппарата, даже с применением ЭЦВМ, само по себе еще не является моделированием до тех пор, пока не будет установлен круг свойств, по которым доказывается аналогия объекта и модели, т.е. адекватность математической модели с натурой.

С целью проверки адекватности математической модели влагообмена в зоне аэрации реальными почвенно-гидрологическими условиями нами осуществлены численные расчеты на ЭЦВМ (БЭСМ-4) динамики переноса влаги за вегетационный период по данным дельтаметрических и лизиметрических исследований, которые наиболее полно моделируют одномерный перенос влаги в почве полученные водно-балансовые данные при лизиметрических исследованиях могут быть использованы для проверки адекватности математической модели влагообмена с натурой. Расчет на ЭЦВМ (БЭСМ-4) произведен нами на основе данных лизиметрических опытов, выполненных в Тедженском оазисе Туркменской ССР. За начальные распределения давления почвенной влаги в лизиметре приняты измеренные величины от 25 марта 1960 г.

Граничные условия для диф-

дифференциального уравнения влагопереноса задаются на верхней границе в виде интенсивности физического потока ($\alpha=1$; $\beta=0$ в (4)), на нижней границе ($H=1$ м) — в виде изменения давления почвенной влаги на уровне грунтовых вод. Величина $P(h,t)=P_{амм}$.

Расчет на ЭЦВМ произведен с шагом по ординате $h=1,0$ и по времени $\tau_H=0,2$ сут. (с введением переменного шага τ). Полное расчетное время составило 215 суток. С 25 марта до 30 октября 1960 года.

Некоторые вычисленные и измеренные эпюры влажности в соответствующие моменты времени расчетного периода приведены на рисунке. Анализ сходимости экспериментальных и расчетных значений влажности в лизиметре показал, что в среднем относительная погрешность не превышает 11 %. К тому же известно, что влажность в лизиметре измерялась весовым методом, который сам по себе неточен, и однократно, так как взятие проб на анализ ограничен требованием сохранения почвенного горизонта. Поэтому вычисленные на ЭЦВМ эпюры влажности соответствующих моментов времени дадут картину, близкую равновесному распределению влажности, т.е. к реальной картине в зоне аэрации в лизиметре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нерпин С.В., Аманов Х.А., Язкличев А. Математические методы прогнозирования водного режима почвогрунтов при оптимизации управления поливом. В сб.: "Эффективность орошения в Туркменистане", Ашхабад, 1976.
2. Язкличев А. Расчет метода определения коэффициента влагопроводности почвогрунта. Научно-технический бюллетень по агрономической физике, Л., 1975, № 24.
3. Язкличев А. Моделирование переноса почвенной влаги и солей в зоне аэрации на ЭЦВМ. Автореферат кандидатской диссертации. М., 1978.

Канд. с.-х. наук В.К. ГАФУРОВ

ЗАВИСИМОСТЬ ИСПАРЯЕМОСТИ ОТ ДЕФИЦИТА ВЛАЖНОСТИ
ВОЗДУХА В ЖАРКИХ И СУХИХ УСЛОВИЯХ

При оценке водопотребления растений, расчетах водно-солевых балансов широко используется испаряемость, под которой понимается потенциально возможное испарение при данных метеорологических условиях и оптимальной влагообеспеченности. Величину испаряемости определяют, как правило, по эмпирическим формулам, основанным на корреляционных связях испаряемости с дефицитом влажности воздуха, температурой, радиационным балансом.

М.И. Будыко [3], Н.Н. Иванов [5] предлагали принимать за величину испаряемости значение испарения с открытой водной поверхности, полагая, что в таких условиях наиболее полно обеспечивается неограниченное поступление влаги к испаряющей поверхности.

А.И. Будаговский, С.С. Савина [2], Е.Ф. Глазова [4], А.Р. Константинов, Р.Н. Олейник [8], Г.Г. Селянинов [10] полагают, что при определении истинных значений испаряемости измерения должны проводиться непосредственно в тех условиях, для которых необходимы эти величины.

Наличие существенных различий в толковании термина "испаряемость" и в выборе целесообразных методик определения этого параметра обусловлено, как указывает А.Р. Константинов [6], отсутствием общепринятого способа использования величины испаряемости, которая применяется как при расчетах водно-солевых балансов регионов и климатическом районировании, так и

для оценок влагообеспеченности растений и испарения с элементов проектируемых водохозяйственных систем.

Непосредственными исследованиями установить величины испаряемости на вновь осваиваемых землях не всегда возможно, и в проектах закладываются величины испарения и водопотребления, вычисленные по зависимостям, которые выведены для идентичных условий. Такие зависимости зачастую не соответствуют истинным закономерностям, в связи с чем в проектных материалах закладываются не оптимальные размеры оросительной сети.

Выбор и строительство всего комплекса ирригационной системы, отвечающего потребностям в воде, особенно при строительстве дорогостоящих систем (лотковая, трубопроводная, бетонированная), требуют тщательного подхода к обоснованию обеспечения хозяйств оросительной водой. Необоснованные размеры оросительной системы приводят либо к потерям в урожайности (при недостаточной пропускной способности), либо к перерасходу средств и материалов (при завышенных размерах ирригационной сети).

Для расчета испаряемости применяют различные эмпирические зависимости, из всего разнообразия которых широкое применение нашли формулы А.М. Алпатьева и Н.Н. Иванова, основанные на зависимости расхода влаги от недостатка насыщения влажности воздуха.

А.М. Алпатьев [1] считает, что дефицит влажности воздуха является комплексным показателем условий испарения k а k производное от температуры и влажности воздуха и поэтому находится в тесной корреляционной связи с испарением. Суммарный расход воды полем в этом случае определяется по формуле:

$$E = k \sum d,$$

где k — коэффициент биологической кривой за расчетный период;

$\sum d$ — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за этот же период.

Месячная величина испаряемости по формуле Н.Н. Иванова равна:

$$E_0 = 0,0018 (T + 25)^2 \cdot (100 - z).$$

А.Р. Константинов [7] показал, что эта формула может быть приведена к виду:

$$E_0 = md.$$

В книге "Основы агрофизики" [9] отмечено, что формулы, основанные на связи интенсивности испарения от дефицита влажности воздуха, дают относительно надежные результаты при малых его значениях. При использовании этих формул для аридной зоны, в которой систематически наблюдаются значительные дефициты влажности воздуха, нарушаются корреляционные соотношения и появляются значительные ошибки в рассчитываемых значениях испаряемости. Такое же мнение высказывает А.Р. Константинов [7], отмечая, что для сильно засушливых условий расчет испаряемости по дефициту влажности приводит к ошибкам + 100 % и - 70 %.

В литературе приводятся графики зависимости испаряемости от дефицита влажности, но для малых значений последнего, в связи с чем применяемые формулы действительны только при значениях d , не превышающих используемые при их выведении. В частности, формула А.М. Алпатьева выведена при значениях d , не превышающих 10 мм. Редко встречаются данные для дефицита влажности воздуха более 20 мм. Между тем, в Туркменистане во время вегетационного периода значения дефицитов влажности достигают 40 мм.

А.Р. Константинов [7] отмечал, что испаряемость определяется в основном тремя факторами: дефицитом влажности воздуха, количеством тепловой энергии и интенсивностью турбулентного обмена. При больших значениях d , по-видимому, основным фактором, влияющим на интенсивность испарения, является не способность воздуха воспринимать водяной пар, а количество тепловой энергии и турбулентный обмен.

В 1966-1969 гг. нами были проведены исследования по определению испарения методом теплового баланса.* Наряду с другими параметрами производились замеры температуры и влаж-

* Исследования проводились на хлопковом массиве совхоза им. 9 Апхасадских комиссаров Гаурского района Апхасадской области.

ности воздуха с помощью аспирационных психрометров ИВ-4 и определялась испаряемость по компенсационному испарителю при глубине залегания грунтовых вод 1 м.

Величины испаряемости, определенные нами в полевых условиях и среднесуточные (месячные суммы) для условий Прикопетдагской зоны, рассчитанные по формулам А.М. Алпатьева ($K_{cp} = 0,65$) и Н.Н. Иванова с коэффициентом Л.А. Молчанова ($K=0,8$), приведены в таблице.

Месячные суммы испаряемости
и испарения с водной поверхности, мм

Расчетные формулы и методы	М е с я ц ы						Всего
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
А.М. Алпатьева	197	386	570	700	648	435	2937
Н.Н. Иванова	134	232	312	336	344	248	1706
С водной поверхности	106	182	256	281	253	176	1254
Тепловой баланс	71	118	153	224	236	121	921
Лизиметры I-метровые	75	103	150	231	323	139	1021

Данные таблицы показывают, что величины испаряемости, рассчитанные по широко применяемой формуле Н.Н. Иванова (с $K=0,8$), в 1,67–1,85 раза выше по сравнению с полученными в полевых условиях по тепловому балансу и лизиметрам. Эта разница за период вегетации изменяется неравномерно: при сомкнутом растительном покрове она составляет 1,48–1,52, при оголенной поверхности достигает 2,04. В связи с этим ввести постоянный поправочный коэффициент нет возможности.

На графике (см. рисунок) показана зависимость между испаряемостью и дефицитом влажности воздуха для Прикопетдагской зоны Туркменской ССР. Испаряемость определялась непосредственно на хлопковом поле методом теплового баланса и лизиметров, здесь же фиксировались метеорологические элементы. График показывает, что для оголенной почвы зависимость между E_0 и d соблюдается до величины d , равной приблизительно 6 мм. При повышении дефицита влажности испаряемость остается почти на

одном уровне при одинаковом радиационном балансе. В промежутке от 6 до 28 мм E_0 изменяется от 2,2 до 3,2 мм при $\frac{R-B}{L} = 2,6$ мм. В период, когда растительный покров сомкнут, зависимость нарушается, здесь, видимо, кроме перечисленных выше факторов, определяющих E_0 , добавляется влияние регулирующего аппарата растений при транспирации. Общая закономерность между E_0 и d прослеживается, но разброс точек значительный, что указывает на воздействие многих факторов на величину испаряемости.

Формулы, связывающие испаряемость с дефицитом влажности воздуха, просты для расчета, в связи с чем они получили широкое распространение, что, в определенной степени, сдерживает поиск и разработку новых зависимостей.

Для условий Туркменистана, где наблюдаются большие значения дефицита влажности воздуха в период вегетации, формулы А.М. Алпатьева и Е.Н. Иванова приводят к существенным ошибкам. При расчете E_0 за длительный промежуток времени (месяц

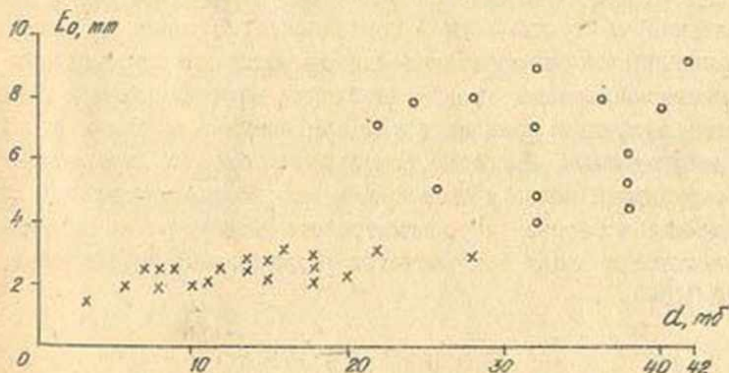


График зависимости испаряемости E_0 от дефицита влажности воздуха d :
 x - поверхность без растительности;
 o - сомкнутый растительный покров

и более) разброс точек уменьшается и общая закономерность между E_0 и d прослеживается более четко.

Равномерную разницу в течение всего вегетационного периода дают месячные величины испаряемости, рассчитанные по формуле А.М. Алпатьева и полученные измерениями в полевых условиях. В среднем E_0 по Алпатьеву в 3 раза выше полученной по тепловому балансу и лизиметрам.

Для приближенных оценок величины испаряемости для жарких и сухих условий Туркменистана возможно применение формулы А.М. Алпатьева в следующем виде:

$$E_0 = 0,25 \sum d,$$

Экспериментальная зависимость между E_0 и d , по нашим данным, оказалась нелинейной, но любые изменения в формуле приводят к усложнениям в расчетах, что не рационально само по себе и в связи с тем, что нет уверенности в точности применяемой методики.

Таким образом, для специфических условий Туркменистана нет достаточно апробированных и надежных методов определения испаряемости, так как все зависимости выведены для малых значений d и для водной поверхности. В связи с важностью получения точных данных по испаряемости для характерных сельскохозяйственных угодий необходим научный поиск и разработка расчетных зависимостей, пригодных в жарких и сухих условиях пустыни. При этом результаты обширных лизиметрических исследований можно использовать как экспериментальные данные, принимая испарение из одностороннего лизиметра за максимально возможное и вводя при расчетах редуцирующий коэффициент, равный 0,8-0,9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометеоиздат, 1954.
2. Будаговский А.И., Савина С.С. Испаряемость с поверхности растительного покрова. "Метеорология и гидрология", 1956, № 3.

3. Будыко М.И. О влиянии мелиоративных мероприятий на испаряемость. "Известия АН СССР", серия географическая, 1951, № 1.

4. Глазова Е.Ф. Экспериментальные исследования испаряемости в условиях Средней Азии. "Труды Главной геофизической обсерватории", 1953, вып. 38.

5. Иванов Н.Н. Об определении величин испаряемости. "Известия Всесоюзного географического общества", 1954, т.86, № 2.

6. Константинов А.Р. Испаряемость — комплексная характеристика метеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур. В кн.: "Материалы междуместного совещания по проблемам изучения испарения с суши". Валдай, 1961.

7. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л., Гидрометеоиздат, 1968.

8. Константинов А.Р., Олейник Р.Н. К вопросу об определении испаряемости (максимально возможного испарения) с сельскохозяйственных полей. "Труды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института", 1964, вып. 41.

9. Основы агрофизики. Под редакцией А.Ф. Иоффе. М., Физматгиз, 1959.

10. Селянинов Г.Г. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Мировой агроклиматический справочник. Л., Гидрометеоиздат, 1937.

Инж. Т. ДЖУМАНАЗАРОВА

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ТОМАТОВ И СОЛЕВОЙ РЕЖИМ
ПОЧВ ПРИ БЛИЗКОМ ЗАЛЕГАНИИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Со времени утверждения ныне действующих поливных режимов овощных культур прошло около 15 лет. За этот период существенно изменились факторы, влияющие на режим орошения сельскохозяйственных культур. Так, рост влагообеспеченности изменил водный режим земель Прикопетдагской зоны, где производство овощных культур является главной отраслью земледелия. Хозяйствами Ашхабадского и Геок-Тепинского районов производится овощей более 70 % общего производства их в Туркменской ССР.

Исследования по изучению режима орошения и водопотребления томатов основывались на проработке основных приходно-расходных элементов водного баланса по методу лизиметров.

Изменение месячных величин водопотребления в зависимости от глубины залегания грунтовых вод показано на рис. 1.

Начало вегетационного периода, когда накопление вегетативной массы и развитие корневой системы незначительны, характеризуется постепенным нарастанием испарения — от 79 — 95 до 110—116 мм. Резкое увеличение водопотребления — до 165 — 253 мм — происходило в июне, максимальная величина его — 425 — 478 мм — наблюдалась в июле-августе. Далее оно уменьшалось и к концу вегетационного периода составило около 100 мм. За невегетационный период расход воды составлял 190—200 мм, или 10—12 % годовой величины водопотребления.

Для определения водопотребления томатов за вегетационный период в целом и по месяцам предлагаются следующие зависимости

ти:

- водопотребление за вегетационный период:

$$E = 251 \left(\frac{y \sum t}{H} \right)^{0,126},$$

- месячное водопотребление:

$$E_1 = 0,27 k \left(M \sum t \sqrt{\frac{y}{H}} \right)^{0,146},$$

где

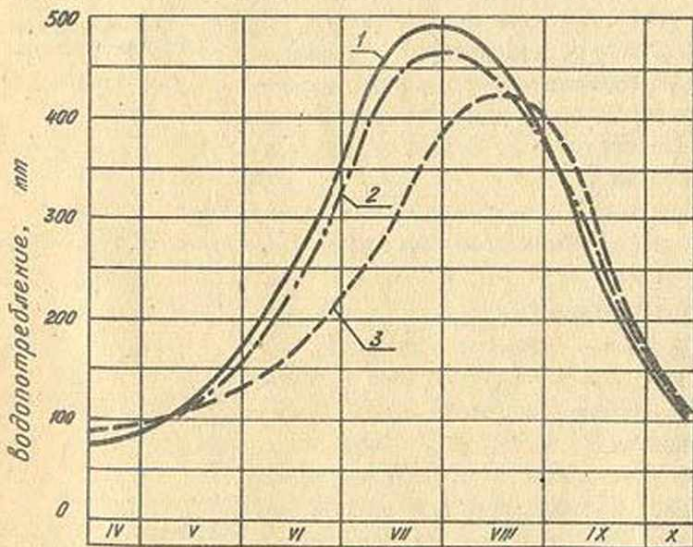
 k - коэффициент месячного водопотребления; y - урожайность, ц/га; $\sum t$ - сумма среднемесячных температур воздуха за расчетный период, $^{\circ}\text{C}$; H - глубина залегания грунтовых вод, м; M - водоподача на орошение, мм.

Рис. 1. Месячные величины водопотребления томатов при различной глубине залегания грунтовых вод:
1 - 1 м; 2 - 2 м; 3 - 3 м

Полученные нормы водопотребления послужили основой для расчета режима орошения томатов. Водопотребление за вычетом расхода из грунтовых вод и осадков выражает недостаток потребности в воде, который следует восполнить за счет поливов. При распределении количества поливов учитывалась фаза развития растений и потребность их в воде в данный период (табл. I).

В период высадка рассады — цветение требуется 3 полива нормой 300–400 м³/га. За период плодосозревания следует провести 5 поливов оросительной нормой, превышающей величину ее до цветения почти в два раза (1900–2000 м³/га). В период массового плодоношения (VII–IX) оросительная норма составляет 5400–6600 м³/га при 12 поливах. В целом для получения урожайности томатов 900–1050 ц/га требуется проведение 20 поливов с межполивными периодами от 10 до 15 дней в начале и конце вегетации и от 6 до 8 дней в середине ее.

Содержание солей в почвенном профиле почвы лизиметров приведено на рис. 2.

При глубине залегания грунтовых вод 1 м максимальное количество солей в основном сосредоточено в горизонте 0–40 см. Засоление этого слоя изменяется от 0,039 до 0,0586% по хлору и от 0,374 до 0,618% по сухому остатку. При двухметровой глубине залегания грунтовых вод наиболее засоленным является активный слой почвы 0–100 см. Содержание плотного остатка в нем на 21–33% больше, чем во втором метре зоны аэрации. При глубине их залегания 3 м наибольшее накопление солей хлора — 0,020–0,057% — отмечалось в

Т а б л и ц а I
Распределение поливов по периодам развития томатов

Гидромодульные районы	
У	УП
Высадка рассады — цветение	
2	3
300	300
Цветение — созревание	
1	1
400	300
5	4
400	400
Массовое плодоношение	
12	12
550	450

Примечание. В числителе — количество поливов, в знаменателе — поливная норма, м³/га.

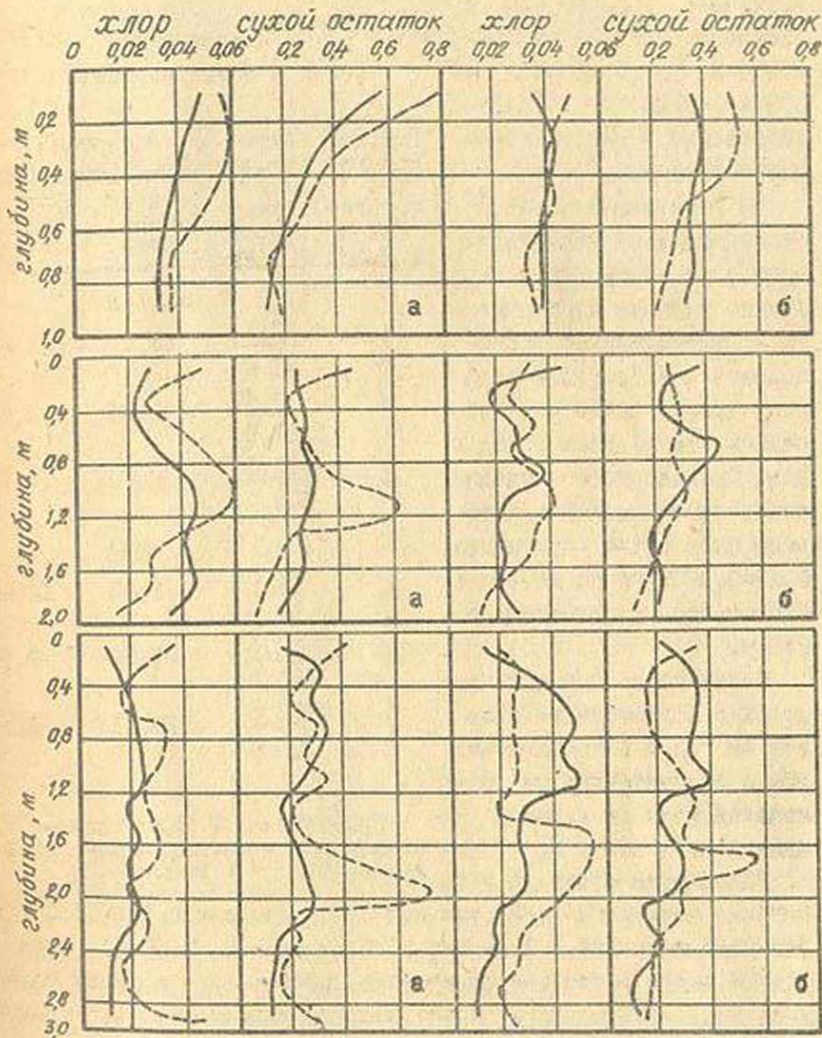


Рис. 2. Солевой режим почв
 под томатами при залегании грунтовых вод
 на глубине 1, 2 и 3 м весной (сплошная
 линия) и осенью (пунктирная линия):
 а - в 1971 г.; б - в 1972 г.

горизонте 100-200 см, а плотного остатка - 0,284-0,376 % - в горизонтах 0-100 и 100-200 см - соответственно в начале и конце вегетации.

За вегетационный период наблюдалось увеличение засоления почвы, обусловленное большим испарением, за невегетационный - рассоление всех горизонтов за счет вымыва солей под действием атмосферных осадков. Среднегодовое увеличение запаса солей в активном слое почвы составило 0,20-3,48 т/га по хлору и 3,55-9,25 - по плотному остатку.

Фактическое накопление солей в зоне аэрации в целом за год и сопоставление его с рассчитанным на основании водного баланса приведено в табл. 2.

Накопление солей при глубине залегания грунтовых вод 1-3 м составило 6,6-11,2 т/га. Поступление солей с поливами и доливами - 6,70-11,61 т/га. С учетом этого расчетное содержание солей в зоне аэрации равнялось 53,71-110,51 т/га. Сопоставление показывает, что накопление солей, вычисленное теоретически, в основном соответствует фактической величине его.

Т а б л и ц а 2
Накопление
солей в зоне аэрации

Глубина залегания грунтовых вод, м	Фактическое накопление солей, т/га	Расчетные величины, т/га	поступления солей
	I 9 7	I год	
I	<u>42,1</u> 51,0	53,71	11,61
2	<u>70,4</u> 81,6	80,24	9,84
3	<u>92,0</u> 102,0	98,70	6,70
	I 9 7	2 год	
I	<u>51,0</u> 57,6	61,65	10,65
2	<u>81,6</u> 90,6	91,56	9,96
3	<u>102,0</u> 100,0	110,51	8,51

Примечание. В числителе - в начале расчетного периода, в знаменателе - в конце него.

УДК 626.810:635.977.45

Метеоролог Л.П. ЛУКЬЯНЕНКО,
канд. техн. наук Х. ЗАМАНМУРАД

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Основной причиной вторичного засоления почв является повышение уровня грунтовых вод, вызванное фильтрацией воды из каналов и инфильтрацией с орошаемых полей. Обсадка каналов древесными насаждениями ослабляет фильтрационный поток в грунтовые воды, уменьшает испарение с поверхности и тем самым отрицательно сказывается на развитии процесса засоления почвогрунтов. В Туркменской ССР площадь полезащитных насаждений составляет 5898,7 га. Большая часть этих насаждений расположена вдоль оросительных каналов.

Рядом авторов [1, 3, 4, 5] отмечена дренажная роль древесных насаждений. Но почти во всех исследованиях интенсивность транспирации древесных пород определялась по методу Л.А. Иванова с последующим пересчетом расхода воды на одно дерево и занимаемую насаждениями площадь, что приводит к большим погрешностям. В связи с этим нами изучался водный баланс под насаждением древесных пород (наряду с соевым балансом) лизиметрическим методом. Для сравнения использовали величины транспирации, полученные по методу Л.А. Иванова. Место проведения опытов — совхоз им. 9 Апхабадских комиссаров Гяурского района Апхабадской области*.

* Почвы участка — светлые сероземы. Верхний слой 0–60 см сложен тяжелыми суглинками и глинами, от 60 до 260 см залегают средние и мелкие суглинки и глины, от 260 до 300 см — супесь. Объемная масса верхнего метрового слоя равна 1,45 г/см³, среднего и нижнего (100–300 см) — 1,42 г/см³. Почвы по

В лизиметры^{*} площадью 1,0 и 1,63 м² были высажены 2-5-летние саженцы мажоры сранжевой, клена ясенелистного, акации белой. Поливы проводились в соответствии с "Временными инструктивными указаниями по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на орошаемых землях" [2]: в год посадки — один послепосадочный и восемь вегетационных при оросительной норме для одно-, двух- и трехметровых лизиметров соответственно 6450, 6900 и 7750 м³/га; во второй год — шесть, в третий — три при уменьшенной оросительной норме соответственно на 11-16 и 57-64 % по сравнению с первым годом.

Интенсивность транспирации высаженных древесных пород определялась 10 и 25 числа каждого месяца по методу быстрого взвешивания срезанных листьев с повторным их взвешиванием через 3 мин. на торсионных весах. Определение велось через 3 ч в дневное время (с 6 до 18 ч). Повторность опыта шестикратная.

Влажность листьев определялась по отношению веса воды в листе к весу сухого листа.

В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения и биометрия.

Расход воды на испарение древесными породами зависел от погодных условий, количества зеленой массы, интенсивности транспирации и глубины залегания грунтовых вод.

всему профилю 0-300 см слабозасоленные. Грунтовые воды залегают на глубине 4 м.

Климат района исследований, как и по всей республике, резко континентальный: с жарким и сухим летом, мягкой зимой. Среднегодовая температура воздуха 16,3°. За год выпадает незначительное количество осадков — около 260 мм, в основном в зимне-весенний период. Летом осадки наблюдаются крайне редко.

* Лизиметры прямоугольной и цилиндрической формы изготовлены из листового железа, снабжены двумя трубками: контрольной — для ежедневных замеров уровня грунтовых вод и питательной — для долива и откачки воды до заданного уровня, который постоянно поддерживался на глубине 1, 2 и 3 м. Количество доливаемой и откачанной воды учитывалось с точностью до 0,1 л и переводилось на высоту слоя в миллиметрах.

Из приведенных таксационных показателей видно (табл. 1), что наибольшей скоростью роста вегетативных органов обладает маклора.

Т а б л и ц а 1

Таксационные
показатели, средние
за 1974-1976 гг.

Дре- весные породы	: Длина : одно- летних веток, : см	: Уве- личение : диамет- ра, : см	: Увели- чение : высо- ты, : см
--------------------------	--	---	---

Однометровые лизиметры			
Маклора	116	79	57
Клен	73	78	52
Акация	63	90	85

Двухметровые лизиметры			
Маклора	121	77	65
Акация	34	64	54

Трехметровые лизиметры			
Маклора	102	101	104
Клен	94	52	86
Акация	45	63	28

Контрольный участок			
Маклора	61	40	33
Клен	33	28	17
Акация	70	30	27

Средняя длина однолетних веток у нее составляет 102-121 см, увеличение высоты - 77-101 см, увеличение диаметра кроны - 57-104 см, у акации эти показатели несколько ниже - соответственно 34-63, 63-90 и 28-85 см, у клена - 73-94, 52-78 и 52-86 см.

Изучение водного режима древесных пород показало (табл. 2), что интенсивность транспирации у акации в среднем за вегетацию в 1975 г. составила 47,0 и в 1976 г. - 78,0 мг/г за 3 мин., у маклоры - соответственно 45,7 и 55,0 мг/г за 3 мин., у клена - 41,8 и 46,3 мг/г за 3 мин. В сезонном разрезе она колебалась для рассматриваемых древесных пород в широких пределах - от 20-30 весной и осенью до 100 мг/г за 3 мин. летом. Влажность листьев за вегетационный период изменялась в небольших пределах -

от 56,6 до 75,7 %. Наибольшая обводненность листьев наблюдается в начале вегетации. К концу вегетации она практически уменьшается.

Как показали исследования за 1974-1976 гг. (табл. 3), с увеличением зеленой массы и интенсивности транспирации суммарный расход воды древесными породами возрос за три года в 2,0-2,7 раза. При этом у маклоры в одно-, двух- и трехмет-

Водный режим древесных пород
за вегетационный период

Древесные:	М е с я ц ы							Сре-
породы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	днее
Интенсивность транспирации, мг/г за 3 мин.								
Маклора	<u>38,7</u>	<u>36,7</u>	<u>40,5</u>	<u>45,9</u>	<u>63,2</u>	<u>49,2</u>	<u>45,5</u>	<u>45,7</u>
	44,2	47,5	49,4	61,2	101,2	48,5	33,2	55,0
К л е н	<u>27,2</u>	<u>22,5</u>	<u>47,3</u>	<u>39,5</u>	<u>64,2</u>	<u>46,6</u>	<u>45,6</u>	<u>41,8</u>
	52,6	47,6	26,7	58,2	64,2	43,3	31,8	46,3
Акация	<u>32,4</u>	<u>37,7</u>	<u>31,8</u>	<u>33,7</u>	<u>70,5</u>	<u>64,4</u>	<u>61,3</u>	<u>47,0</u>
	89,6	77,0	79,7	84,7	100,6	76,7	38,8	78,0
В л а ж н о с т ь л и с т ь е в, %								
Маклора	<u>72,4</u>	<u>70,4</u>	<u>63,3</u>	<u>62,1</u>	<u>56,6</u>	<u>56,9</u>	<u>58,9</u>	<u>62,8</u>
	72,4	73,2	67,9	63,6	62,7	66,1	65,0	67,3
К л е н	<u>75,1</u>	<u>75,3</u>	<u>69,6</u>	<u>67,7</u>	<u>69,3</u>	<u>65,3</u>	<u>62,2</u>	<u>69,2</u>
	74,7	75,7	70,6	64,6	61,2	60,8	63,4	67,3
Акация	<u>-</u>	<u>72,2</u>	<u>66,8</u>	<u>69,5</u>	<u>67,2</u>	<u>66,3</u>	<u>65,4</u>	<u>67,9</u>
	71,2	71,6	66,4	60,2	60,8	63,8	63,9	65,4

Примечание. В числителе - в 1975 г., в знаменателе - в 1976 г.

ровых лизиметрах - соответственно в 5,2, 3,4 и 2,6 раза, у клена - в 4,8-1,9 раза. В годовом разрезе суммарный расход воды уменьшался с увеличением глубины залегания грунтовых вод. Такая же закономерность наблюдалась и с расходом влаги из грунтовых вод. За годы наблюдений он изменился от 2-14 % в первый год до 54-89 % в третий, что подтверждает высокую дренажную способность древесных пород. Доля поверхностных вод в суммарном потреблении воды ежегодно уменьшалась.

Таблица 3

Водопотребление древесных пород
в лизиметрах за вегетационный период

Глубина за- легания : грунто- вых вод, :	Сум- марное потреб- ление : воды, :	В том числе						
Годы :	мм :	грунтовой		инфильтра- ционной		поверхност- ной		
М	г	мм	мм	%	мм	%	мм	%
Ма́кляра о́ранжевая								
1	1974	703	23	3,3	22	3,1	702	99,8
	1975	2116	1712	80,9	3	0,1	407	19,2
	1976	3665	3257	88,9	18	0,5	426	11,6
2	1974	717	102	14,2	85	11,8	700	97,6
	1975	1413	929	65,7	13	0,9	497	35,2
	1976	2445	1983	81,1	14	0,6	476	19,5
3	1974	719	23	3,2	59	8,2	755	105,0
	1975	1075	418	38,9	19	1,8	676	62,9
	1976	1745	1219	69,9	0	0	526	30,1
Кле́н ясе́нелистный								
1	1974	701	16	2,3	14	2,0	699	99,7
	1975	2952	2553	86,5	8	0,3	407	13,8
	1976	3354	2961	88,3	33	1,0	426	12,7
3	1974	683	31	4,5	103	15,0	755	110,5
	1975	1073	427	39,8	20	1,9	666	62,1
	1976	1285	759	59,1	0	0	526	40,9
Ака́ция бе́лая								
1	1975	855	460	53,8	12	1,4	407	47,6
	1976	2046	1662	81,2	42	2,0	426	20,8
2	1975	1028	563	54,8	32	3,1	497	48,3
	1976	1729	1274	73,7	21	1,2	476	27,5
3	1975	616	133	21,6	74	12,0	557	90,4
	1976	1142	620	54,3	4	0,3	526	46,1

ВЫВОДЫ

1. Средний рост в высоту за три года составил: у ма́кляры - 77-101, ака́ции - 63-90 и кле́на - 52-78 см.

2. Наибольшая интенсивность транспирации у ака́ции - в среднем за два года 62,5 мг/г за 3 мин., несколько ниже у ма́к-

люры и клена - соответственно 50,3 и 44,0 мг/г за 3 мин.

3. Влажность листьев колебалась в небольшом интервале - от 56 до 77 %. В начале вегетации она была наибольшей, к осени - уменьшалась.

4. На третий год после посадки суммарное потребление воды у маклюры в одно-, двух- и трехметровых лизиметрах соответственно составило 3665, 2445 и 1745 мм, из них 70-89 % - доля расхода из грунтовых вод, у акации - 2046, 1729, 1142 мм и 54-81 %, у клена - 3354, 1285 мм и 59-88 %.

5. Исследования 1974-1976 гг. показали, что суммарное потребление воды за три года по большинству вариантов увеличилось в 1,9-3,4 раза. Наибольшее увеличение в одном метровом лизиметре: у маклюры - в 5,2, у клена - в 4,8 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердыклычев К. Мелиоративное значение древесных пород в условиях Северной Туркмении. Ашхабад, "Илим", 1968.

2. Временные инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на орошаемых землях. М., 1973.

3. Елисеев Л.В. Транспирация древесных пород в поливных условиях Туркменской ССР. "Лесное хозяйство", 1939, № 5.

4. Мищенко А.С. Акация белая, карагач и древовидные ивы в средней части Амударьи. Тр. Института земледелия, т. 2, Ашхабад, 1959.

5. Новиков Г.С. Вопросы проектирования лесных мелиоративных насаждений в средней полосе Амударьи. Тр. Института земледелия, т. 1, Ашхабад, 1957.

Х.А. АХМЕДОВ
ПРОФЕССОР, ДОКТОР ТЕХН. НАУК

Ф.А. БАРАКВ
ИНЖЕНЕР ТИИИМСХ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ДРЕНАЖНО-СБОРСНЫХ ВОД ДЛЯ ПОВТОР-
НОГО ОРОШЕНИЯ РИСОВОЙ КУЛЬТУРЫ

Широкие исследования, проведенные в рисоводческом совхозе "50 лет СССР" Сырдарьинской области, выявили, что в результате применения на рисовых полях проточности и сбросов теряется от 15000 до 45000 м³/га оросительной воды [3]. Поэтому средняя фактическая оросительная норма риса по совхозу составляет 65000 м³/га, что более чем в три раза превышает установленную нашими опытами, оптимальную оросительную норму риса для совхоза, составляющую, в зависимости от предлагаемых мероприятий, 19000-24000 м³/га.

Один из путей решения вопроса максимального сокращения затрат оросительной воды, уменьшения величины оросительной нормы риса, недопущения перегрузки дренажной сети, а следовательно, и улучшения мелиоративного режима, как на рисовой карте, так и на севооборотных полях — использование дренажно-сборных вод для повторного орошения рисовой культуры.

В течение всей вегетации риса нами проводились подекадный отбор проб воды из оросительной и дренажной сети; исследованы химический состав и минерализация отобранных проб.

Анализ полученных данных позволил сделать следующий вывод. Как известно, рисовые карты отличаются тем, что в течение почти всей вегетации имеют слой воды на поверхности почвы; динамика минерализации её зависит не только от поступающей из оросителя воды, но и от климатических и почвенно-мелиоративных условий самой карты, а также каждого чека в отдельности.

Поэтому формула профессора М.Ф. Натальчука,

$$O_2 = O_1 \frac{C_1 - C}{C - C_2}, \quad (1)$$

где O_2 - процент смешения оросительной воды;

O_1 - то же дренажно-сбросной воды;

C_2 - минерализация оросительной воды;

C_1 - то же дренажно-сбросной воды;

C - допустимая для рисовой культуры минерализация воды, применяемая обычно для определения процентного соотношения смешиваемых оросительных и дренажных вод, для условий рисовой культуры требует дополнительного уточнения, ввиду отсутствия третьего важного элемента, характеризующего динамику минерализации воды на поверхности чека.

С целью использования формулы (1) для рисовых культур, необходимо в левую часть соотношения

$$\frac{C_1 \cdot O_1 + C_2 \cdot O_2}{O_1 + O_2} = C$$

ввести поправку на минерализацию чековой воды (C_3) -

$$C_3 + \frac{C_1 \cdot O_1 + C_2 \cdot O_2}{O_1 + O_2} = C'. \quad (2)$$

После упрощения получим равенство, которое рекомендует-ся нами для определения процентного соотношения смешиваемых оросительных и дренажно-сбросных вод при орошении рисовой культуры:

$$O_1 = O_2 \frac{C' - (C_3 + C_2)}{C_3 + (C_1 - C')}. \quad (3)$$

Здесь C' - допустимая максимальная для риса минерализация чековой воды.

Величины (C_1) , (C_2) , (C_3) и даже (C') не являются постоянными, поэтому в таблице даны, вычисленные по формуле (3), ежемесячные проценты добавления дренажно-сбросной воды к оросительной. Из таблицы видно, что возможности и размеры использования дренажно-сбросных вод для повторного орошения в течение

ние вегетации неодинаковы.

Воду в распределитель Р-I-I-3 из сброса ГПК-56А-22-I подавали насосом. Минерализация чековой воды даже в самый жаркий период не превысила 2,5 г/л. Экономия оросительной воды составила 37,4%, т.е. 18277 м³/га. Средняя, с площади опытной карты в 37 га, урожайность риса составила 50 ц/га.

Таблица

Зависимость процентного соотношения смешиваемых оросительных и дренажно-сбросных вод от среднемесячных значений минерализации воды на чеках, в оросителях и дренаж-сбросах рисовых опытных карт

1976г.

Место взятия проб воды на анализ	Среднемесячная минерализация, мг/л				
	М е с я ц ы				
	У	УІ	УІІ	УІІІ	ІХ
Ороситель Р-I-I-3	829,0	954,0	1066,0	1120,0	1180,0
Среднечековые данные	900,0	980,0	1150,0	1300,0	1340,0
Коллектор ГПК-56А-22	1090,0	1044,0	1190,0	1298,0	1388,0
Допустимая для риса минерализация воды на чеках	1900,0	2000,0	2000,0	2500,0	2700,0
Процент смешения дренажной воды по формуле (3)	190	278	-	428	643

При экономии оросительной воды в 18277 м³/га или на 37 га - 676249 м³ совхоз дополнительно засеял (при средней оросительной норме 65 000 м³/га) площадь в 10,4 га и получил

520 ц риса, что при государственной закупочной цене на рис 30 руб/ц составило 15,600 руб.

Следовательно, при повторном использовании дренажно-сбросной воды на орошение совхоз может получить с одного гектара дополнительный доход в $15600 : 37 = 421$ руб. 60 коп. Чистый доход, за вычетом затрат на использование насосной установки в 291 руб. 34 коп., составляет 130 руб. 26 коп. с одного гектара.

Л и т е р а т у р а

- Н а т а л ь ч у к М.Ф. Эксплуатация оросительных систем М., Изд-во "Колос".
- О в с я н н и к о в А.С. Влияние минерализованных вод на солевой режим почв под культурой риса. "Проблемы освоения пустынь" №1 Ашхабад, 1968.
- А х м е д о в Х.А. "О необходимости проточности на рисовых картах".
- Б а р а е в Ф.А. "Сельское хозяйство Узбекистана" №12 Ташкент, 1977.

УДК 626.862.4

Калантаев В.А., Ишанкулиев З.

Мелиорация засоленных земель с помощью
мобильных дренажных систем

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИТим ММВХ СССР).

В статье предлагается новый способ мелиорации засоленных земель с помощью мобильных дренажных систем. Конструкция такой системы разработана и прошла испытание на Чарджоуской опытно-мелиоративной станции ТуркменНИИТима. Предложенный способ мелиорации сокращает мелиоративный период в 4-5 раз по сравнению с обычным способом рассоления земель.

Табл. -, илл. I, библиогр. -.

УДК 626.862.1

Калантаев В.А.

О высоте нависания грунтового потока
при работе дренажных сооружений

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИТим ММВХ СССР).

В статье наряду с описанием существующих положений о высоте нависания при работе гидротехнических сооружений дается новое физическое толкование этому явлению. Проведенные автором исследования на моделях и в натуральных условиях, а также теоретические расчеты дали возможность найти формулу для определения высоты нависания для дренажей различного типа и для

различных условий работы дренажа.

Табл.—, иллюстр. I, библиогр. 9.

УДК 626.862.4

Чавыкин В.Н., Мамедова Л.В.,
Андреева М.М.

Определение параметров закрытых дрен
с прерывистой фильтровой зоной

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркмениНИИГиМ ММВХ СССР).

В статье рассмотрена возможность устройства дренажа с прерывистой фильтровой частью в виде пористых вставок и фильтрующих муфт. На жидкостной модели ЭГЛА получены оптималь-

местных минерально-волоконистых, с содержанием окиси кальция в пределах 24-35 % и кремнезема - 40-42 %. Показано несоответствие деформативных и фильтрационных свойств последних действующему ОСТ 33-10-73 и применимость таких материалов только с дополнительной обсыпкой барханным песком.

Табл. 2, иллюстр. -, библиогр. 4.

УДК 626.8:69.03

Мамедов В.Н., Башимов О.

Совершенствование строительства
закрытого горизонтального дренажа
в Туркменской ССР

Сб. "Мел"

ции вертикальных скважин в совхозе "Махтумгули" Векиль-Базарского района Марыйской области. Рассмотрены результаты двухлетних наблюдений по 40 вертикальным скважинам. Бурение скважин производилось вращательно-воротным способом с прямой промывкой станком УРБ-ЗАМ глубиной до 50 м от поверхности земли. Диаметр долота 650-1000 мм.

Результаты исследований показали допущение множества ошибок. Главной из них является применение устаревшей технологии строительства с прямой промывкой. При применении дырчатых фильтров вместо каркасно-стержневых увеличивается сопротивление в фильтровой зоне. Кроме того, скважины сдаются в эксплуатацию через 1-2 года после завершения строительства. Все это приводит к уменьшению дебита.

Табл. 2, иллюстр. -, библиогр. 2.

УДК 621.879.34

Худайберенов М.

Испытание экскаваторного ковша на очистке бетонированного канала

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИТМ ММВХ СССР).

В статье приведены новая конструкция ковша для очистки бетонированных каналов от заиления и растительности, разработанная на основании данных предварительных исследований по резанию заросших грунтов в облицованном русле и результаты производственных испытаний нового рабочего органа на очистке бетонированного канала.

Табл. -, иллюстр. I, библиогр. -.

УДК 631.587(255)+631.67.03.003.13

Кулов А., Сахатова К.,
Рахманов К.

Эффективность использования оросительной

воды и орошаемых земель в зоне
Каракумского канала

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИГи, 1978 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

В статье рассматриваются основные показатели эффективного использования оросительной воды и орошаемых земель. Анализируются удельные показатели поданной хозяйству оросительной воды. Экономическая оценка эффективности дается по материалам всех колхозов в зоне Каракумского канала. Результативные показатели сопоставляются в различных группах по фактической водоподаче.

Табл. 2, иллюстр. —, библиогр. —.

УДК 631.674.5:633.511

Аманов Х.А., Гулбердиев Б.,
Сахаров А., Хрилко В.Г.

Итоги исследований орошения хлопчатника
дождеванием в Туркменской ССР

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИГи, 1978 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

На основе данных многолетних (1971–1974 гг.) исследований в статье приводятся фактические режимы орошения, суммарное испарение, изменения засоленности почв на поливе хлопчатника дождевальным агрегатом ДДА-100М по сравнению с ручным бороздковым способом на землях Каракумской и Чарджоуской ОМС.

Табл. 4, иллюстр. —, библиогр. —.

УДК 631.67:626.822:633.511

Церипов Д., Сеидов О.,
Сахаров А., Нурсахатов О.

Опыт полива хлопчатника закрытой сетью
в условиях Мургабского оазиса

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

В статье приводятся основные результаты проведенных исследований новой техники полива из закрытых поливных трубопроводов по системе академика И.А. Шарова, построенных в 1976 году на общей площади 479 га на участке им. Буденного Туркменкалинского района Марыйской области, которые дали возможность производить сосредоточенные поливы до 250 л/с, что позволило сократить число поливальных машин в 2 раза, при этом производительность их увеличилась в 2-4 раза, КЗИ-на 3-4 %, что позволило получить 2-3 ц/га дополнительной продукции по сравнению с обычным способом.

Табл. 3, иллюстр. I, библиогр.-.

УДК 631.674.1:633.511

Аманов Х.А., Таганов М., Сейдов О.

Исследование техники бороздкового полива
хлопчатника в Прикопетдагской зоне

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

В статье излагаются результаты исследований и даются наиболее эффективные элементы техники бороздкового полива тонковолокнистого хлопчатника в зоне 4-й очереди Каракумского канала.

Табл. 4, иллюстр.-, библиогр.-.

УДК 65.011.56:625.8

Белус А.Т., Сапаров Б.

Основные вопросы автоматизации водораспределения
на протяженных оросительных системах

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

Автоматизация водораспределения включает составление планов водораспределения на ЭВМ, их коррекцию в процессе реализации водораспределения, осуществляемого применением технических средств автоматизации. В этой связи решается задача прогнозирования гидрографа в замыкающем створе по известному гидрографу в головном створе в предположении равенства постоянных времени характерных участков канала и обосновывается функциональная схема автоматизированной системы управления водораспределением протяженной оросительной системы.

Табл. -, иллюстр. 3, библиогр. 4.

УДК 626.810:338.1:681.3

Сапаров Б., Коваленко Р.И.,
Белкин Г.Б., Какашев А.

К расчету планов водопользования
и водораспределения на ЭВМ

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГТМ ММВХ СССР).

В статье рассмотрены разработанные авторами методика и программа для расчета ординат гидромодулей, поливных заданий и КПД оросительных каналов с помощью ЭВМ "Минск-32". Приведены алгоритмы и блок-схема расчета, даны рекомендации по применению методики в практике водохозяйственного планирования.

Табл. 4, иллюстр. 2, библиогр. 4.

УДК 626.842.004.1(0.84.3-36)(255)

Литвинов Ю.П., Новицкий В.А.
Сапаров Б.

Методика районирования орошаемых территорий
по величине удельных фильтрационных потерь
воды из каналов внутрихозяйственной сети

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГТМ ММВХ СССР).

В статье излагается методика определения величины удельных фильтрационных потерь воды из каналов внутрихозяйственной сети с помощью формул подобия с учетом длины оттока фильтрационно-грунтовых вод, суммарного испарения с их поверхности и стадий фильтрации из каналов.

Предлагаемая методика позволяет произвести массовое определение удельных фильтрационных потерь воды и коэффициентов полезного действия каналов внутрихозяйственной сети и районировать орошаемую территорию по их величине.

Табл. I, иллюстр. I, библиогр. 4.

УДК 626.212.001.24

Гарагулов М. Ч., Сапаров Б.

К расчету свободной фильтрации
при повышении горизонта воды

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИТим ММВХ СССР).

Выведены зависимости для расчета свободной фильтрации из водохранилища в период его наполнения. На основе полученных решений предложена методика определения коэффициента фильтрации грунтов. Показано, что в некоторых случаях теоретические зависимости значительно упрощаются.

Табл. -, иллюстр. 2, библиогр. -.

УДК 551.49.018/491.7

Гарагулов М. Ч.

К методике определения фильтрационных
характеристик грунтовой зоны аэрации

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИТим ММВХ СССР).

Анализируются существующие методы обработки данных опытно-

го налива воды в зоне аэрации, основанные на теории неустановившейся свободной фильтрации. Методы обработки кривой объема впитывания обобщаются и сводятся к единой упрощенной методике. Для обработки кривой расхода фильтрации предлагается новая методика, которая показывает величину погрешности, возникающую при пользовании методами, основанными на теории установившейся фильтрации.

Табл. —, илл. стр. 3, библиогр. 8.

УДК 626.861:631.621

Джораев Б.М.

Влияние Главного Левобережного коллектора
на режим грунтовых вод

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

Рассматриваются вопросы влияния крупных коллекторов на примере ГЛК на грунтовые воды, а также сезонные, многолетние колебания уровня и динамики химизма грунтовых вод скважин, расположенных на ГЛК (створы Карабекаульский, Саятский, Чарджоуский и Дейнауский). Определены зоны влияния ГЛК, также отмечается улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель в зоне ГЛК, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

Табл. —, илл. стр. 1, библиогр. 6.

УДК 631.67:631.41:518.5

Аманов Х.А., Заманмурат Х., Язкычев А.

Исследование адекватности математической модели
переноса почвенной влаги в зоне аэрации
по лизиметрическим данным

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

В статье рассматриваются некоторые вопросы проверки адекватности математической модели переноса почвенной влаги в зоне аэрации по лизиметрическим данным. Показано, что среднее отклонение расчетных данных от измеренных по эпорам распределения влажности в вегетационном периоде не превышает 11 %.

Табл. —, иллюстр. I, библиогр. 3.

УДК 551.573

Гафуров В.К.

Зависимость испаряемости от дефицита влажности воздуха в жарких и сухих условиях

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4, Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

В статье рассматриваются вопросы применимости известных формул, служащих для расчета испаряемости по дефициту влажности воздуха, к жарким и сухим условиям Туркменистана. Показано, что зависимость между испаряемостью и дефицитом влажности воздуха при больших его значениях, не соблюдается, что приводит к значительным ошибкам при вычислении потенциально возможного испарения. Предложены редуциционные коэффициенты при определении испаряемости по лизиметрам с близким уровнем грунтовых вод. Сделан вывод о целесообразности научного поиска и разработке расчетных зависимостей для условий Туркменистана с целью точного определения важнейшего показателя — испаряемости.

Табл. I, иллюстр. I, библиогр. 10.

Джуманазарова Т.

Водопотребление томатов и солевой режим почв при близком залегании грунтовых вод

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4, Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

Исследованы нормы водопотребления томатов и солевой режим почв при близком залегании грунтовых вод на орошаемых землях Прикопетдагской зоны ТССР. Для У и УП гидромодульных районов среднегодовое увеличение запаса солей в активном слое почвы за вегетационный период составило 0,20-3,48 т/га по хлору и 3,55-9,25 - по плотному остатку. Кроме того, предложена зависимость для расчета нормы водопотребления томатов за вегетационный период.

Табл. 2, иллюстр. 2, библиогр.-.

УДК 626.810:635.977.45

Лукьяненко Л.П., Заманмурад Х.

Водопотребление древесных пород

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 4,
Ташкент, САНИИРИ, 1978 (ТуркменНИИГМ ММВХ СССР).

В статье рассматривается вопрос изучения водопотребления древесных пород (маклиры оранжевой, клена ясенелистного, акации белой), в основу которого положен лизиметрический метод, позволяющий получить данные по составляющим водного баланса древесных пород.

Показаны основные причины, влияющие на суммарный расход, расход грунтовых и поверхностных вод. При всех одинаковых условиях произрастания маклиры оранжевая отличается высокой дренажной способностью.

Табл. 3, иллюстр.-, библиогр. 5.

УДК 628.3

"Некоторые вопросы использования дренажно-сбросных вод для повторного орошения рисовой культуры"

Х.А.АХМЕДОВ, Ф.А. БАРАКВ

Сборник научных трудов вып.4, Ташкент,
САНИИРИ, 1978

Данные исследований проведенных на рисовых полях рисоводческого совхоза "50 лет СССР" Ворошиловского района Сырдарьинской области показали, что одним из путей решения вопроса уменьшения величины оросительных потерь воды, при поливе риса, недопущения перегрузки дренажной сети является использование на орошение дренажно-сбросных вод. Выявлено, что при повторном использовании дренажно-сбросных и оросительных вод величина сэкономленной оросительной воды составляет немалую величину - 37,4% или 18277 м/га. Процент смешения дренажно-сбросных и оросительных вод необходимо определять на рисовых полях с учетом динамики минерализации воды на поверхности карт.

Библ.2

Табл.1

СОДЕРЖАНИЕ

В.А. Калантаев, З. Ишанкулиев. Мелиорация засоленных земель с помощью мобильных дренажных систем	5
В.А. Калантаев. О высоте нависания грунтового потока при работе дренажных сооружений.	8
В.Н. Чавыкин, Л.В. Мамедова, М.М. Андреева. Определение параметров закрытых дрен с прерывистой фильтровой зоной.	17
В.Н. Чавыкин, Л.В. Мамедова, М.М. Андреева. Химическая стойкость местных фильтровых материалов и их применение в дренаже.	21
В.Н. Мамедов, О. Бяшимов. Совершенствование строительства закрытого горизонтального дренажа в Туркменской ССР.	28
О. Назармамедов, Б. Ибрагимов. Опыт строительства вертикального дренажа в Мургабском оазисе.	34
М. Худайберенов. Испытание экскаваторного ковша на очистке бетонированного канала.	39
А. Кулов, К. Сахатова, К. Рахманов. Эффективность использования оросительной воды и орошаемых земель в зоне Каракумского канала.	42
Х.А. Аманов, Б. Гулбердиев, А. Сахаров, В.Г. Хрипко. Итоги исследований орошения хлопчатника дождеванием в Туркменской ССР.	46
Д. Шерипов, О. Сеидов, А. Сахаров, О. Нурсахатов. Опыт полива хлопчатника закрытой сетью в условиях Мургабского оазиса.	52
Х.А. Аманов, М. Таганов, О. Сеидов. Исследование техники бороздкового полива хлопчатника в Прикопетдагской зоне.	57

А.Т. Белоус, Б. Сапаров. Основные вопросы автоматизации водораспределения на протяженных оросительных системах.	63
Б. Сапаров, Р.И. Коваленко, Г.Б. Белкин, А. Какалыев. К расчету планов водопользования и водораспределения на ЭВМ.	75
Ю.П. Литвинов, В.А. Новицкий, Б. Сапаров. Методика районирования орошаемой территории по величине удельных фильтрационных потерь воды из каналов внутрихозяйственной сети.	85
М.Ч. Гарагулов, Б. Сапаров. К расчету свободной фильтрации при повышении горизонта воды. . .	94
М.Ч. Гарагулов. К методике определения фильтрационных характеристик грунтов зоны аэрации.	99
Б. Джораев. Влияние Главного левобережного коллектора на режим грунтовых вод.	106
Х.А. Аманов, Х. Заманмурад, А. Язклычев. Исследование адекватности математической модели переноса почвенной влаги в зоне аэрации по лизиметрическим данным.	113
В.К. Гафуров. Зависимость испаряемости от дефицита влажности воздуха в жарких и сухих условиях. . .	121
Т. Джуманазарова. Водопотребление томаты и солевой режим почв при близком залегании грунтовых вод.	126
А.П. Лукьяненко, Х. Заманмурад. Водопотребление древесных пород.	133
Ахмедов Х.А., Бараев Ф.А. - Некоторые вопросы использования дренажно-сбросных вод для повторного орошения рисовой культуры	
Рефераты	143

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

744000, г. Ашхабад, ул. Островского, 30.

МЕЛИОРАЦИЯ
ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ
Выпуск четвертый

Редактор Д.Н. Моргунов
Корректор Т.И. Карпачева

Р - 05686 Подписано в печать 31/VIII - 1978 г. Формат
бумаги 60 x 90 1/16. Уч.-изд.л. 7 Усл.п.л.8
Заказ 41251. Тираж 500 экз. Цена 66 коп.

Картфабрика института "Узгипрозем",
700000, г. Ташкент, ул. Мукими, 176.