

С-25
МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
ИМ. В. Д. ЖУРИНА (САБИРИ)

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сборник научных трудов

Выпуск 160

Ташкент — 1980

6
С-23

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ
ПО БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 160



Ташкент—1980

61358

УДК 626.8

В книге освещаются результаты научных и производственных исследований САНИИРИ в области мелиорации: даются рекомендации по оздоровлению засоленных земель Средней Азии; исследуется режим работы скважин вертикального дренажа, определяются особенности их расчета на засоленных землях, выявляется возможность использования на орошение откачиваемых вод; предлагается районирование по типам и мощностям дренажа; исследуется распределение солей при подпочвенном орошении.

Книга рассчитана на научных работников, проектировщиков и производственников служб эксплуатации гидромелиоративных систем.

Редакционная коллегия:

В.А.Духовный (отв.редактор), В.И.Антонов (Средазгипроводхлопок), Г.Г.Валентини, Т.И.Дерлятка, А.Ж.Жулаев (КазНИИВХ), А.А.Кадыров (зам.ред.), В.Калантаев (ТуркменНИИГим), Н.Т.Лактаев, А.М.Мухамедов, В.Г.Насонов, А.Г.Пулатов, А.У.Усманов, Х.И.Якубов (зам.ред.).



Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им.В.Д.Журина (САНИИРИ)

1980

В.А.ДУХОВНЫЙ, канд.техн.наук
Б.Е.МИЛЬКИС, канд.физ.-мат.наук
Э.ЧОЛПАНКУЛОВ, канд.физ.-мат.наук
Т.А.ГАПИЧ, ст.научный сотрудник
(САНИИРИ им.В.Д.Журена)

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Относительно изменения водопотребления растениями в процессе освоения новых земель единого мнения не существует, ибо все расчетные показатели основываются на эмпирических зависимостях (В.Р.Шредер и др.) или на краткосрочных годовых наблюдениях (М.И.Будыко, А.Айзенштат и др.).

Ясно, что водопотребление меняется в зависимости от изменений климатических показателей, ветровой деятельности и затрат воды на увеличение глубинной влажности зоны аэрации при орошении.

С целью изучения процесса изменения водопотребления растениями нами в 1974–1978 гг. в Каршинской степи были организованы наблюдения; при анализе использованы данные наблюдений, проведенных в Голодной степи (В.А.Духовный).

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Основные изменения климатических факторов происходит в первые 3–4 года после начала орошения;

2. Уменьшение среднемесячной температуры на объекте "целина – орошаемое поле", по данным метеорологических орочных наблюдений Гидрометеослужбы за многолетний период в Каршинской и Голодной степях, составляет $1,2 + 2,8^{\circ}\text{C}$. В то же время сравнение непосредственных наблюдений "целина – хлопок" в Каршинской степи показывает наличие разницы от 2 до $5,3^{\circ}\text{C}$; в Голодной степи – от $1,5$ до $4,1^{\circ}\text{C}$, особенно в период июль–сентябрь;

3. Если на целине в летний период температура воздуха на высоте 0,5 м больше, чем на высоте 2,0 м (около $0,5$ – $1,2^{\circ}\text{C}$), то при развитии орошения с мая временами, а с июля постоянно в дневные часы суток происходит переход к инверсии. После каждого полива температура воздуха в слое 0,5 м снижается на 2 – $4,5^{\circ}\text{C}$.

что менее проявляется в слое 2,0 м;

4. Влажность приземного слоя претерпевает в процессе орошения наиболее сильные изменения вследствие развития транспирации и резкого увеличения испарения;

5. Относительная влажность воздуха по регистрационным точкам Гидрометслужбы в вегетационный период дает отклонения при сравнении "целина - орошаемое поле хлопчатника" на 25-30 % с максимумом среднемесячной разницы 11-12 %. В то же время при сопоставлении одновременных наблюдений в совхозе 9 (Т. Нигматов) на староорошаемом массиве и совхозе 25 на целине (Э. Чолпанкулов) выявляется разница влажности в 25-34 % (или на 180-260 % относительной величины). При этом если на целине влажность слоя 0,5 м меньше, чем на высоте 2,0 м, то в оазисе наблюдается резко обратное явление.

В Голодной степи изменение влажности, видно, в связи с большой исходной величиной в среднем за период освоения увеличивается на 40-60 %; при этом в первый год на 15-20 %, второй - 14-19, третий - 8-10.

Влажность в мае определяется в основном погодными условиями; в остальные месяцы под влиянием орошения резко изменяется. Это особо проявляется в июле-сентябре;

6. Изменение влажности по годам переходного периода хорошо описывается кривой

$$\frac{e_t - e_0}{e - e_0} = f(t) \quad \text{в диапазоне от 0 до 5}$$

лет (переходный период; рис. I),

где e_t - влажность в любой год освоения ($0 < t < 5$);

e_0 - влажность до начала освоения;

e - влажность оазиса (или 5-го года освоения).

Анализ изменения влажности позволяет оценить изменение испаряемости в переходной период, как критерий оценки испарения.

С. И. Харченко (ГТИ) рекомендует в целом снижение испаряемости орошаемого поля по отношению к богаре принять равным 0,95, дифференцируя его для хлопчатника в 0,96; сахарной свеклы - 0,94; риса в первый период - 0,93, во второй - 0,82.

Данные С. И. Харченко характерны для Южного Казахстана -

для полупустынной зоны, но для аридной зоны они резко занижены.

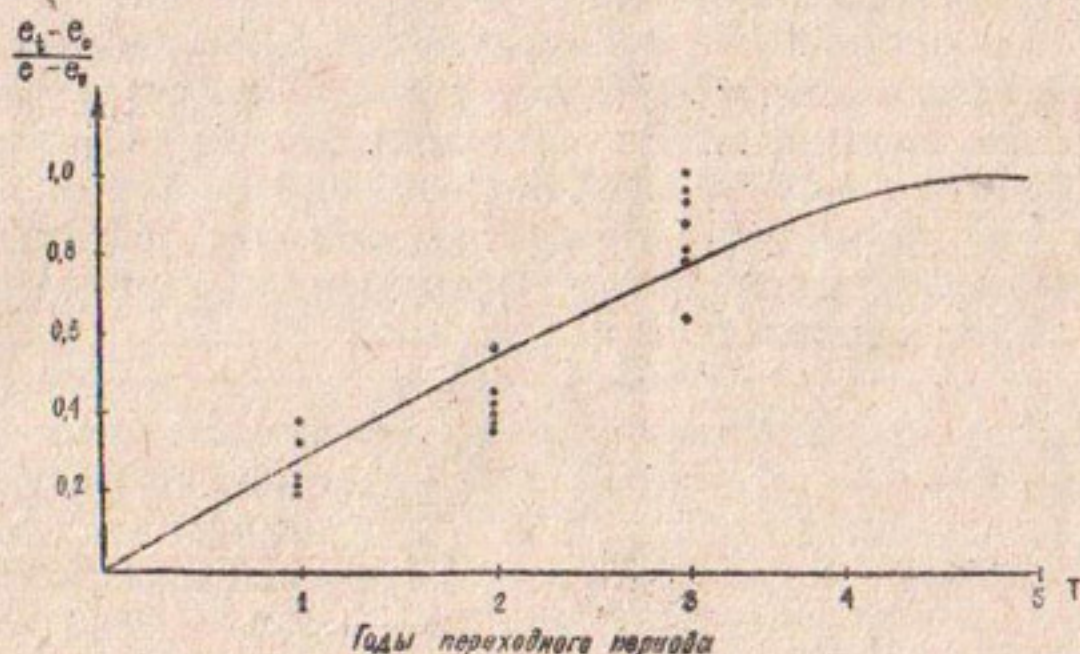


Рис. I. Изменение относительной влажности воздуха на высоте 0,5 м при переходе от пустыни к оазису.

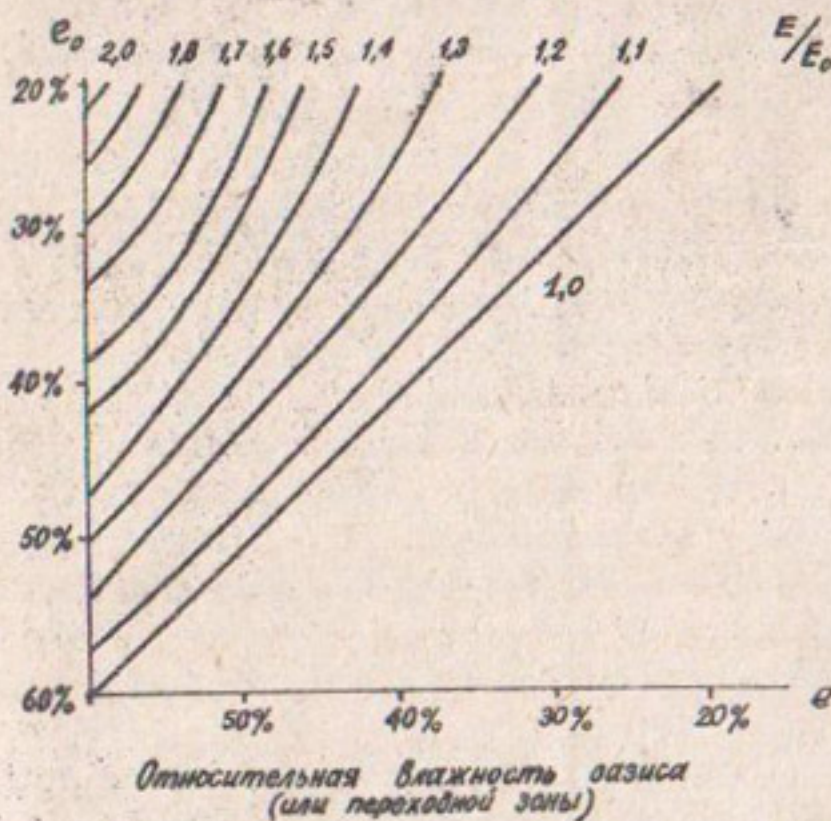
В.Р.Шредер составил графики зависимости осредненной испаряемости в вегетационный период от освоенности территории, где увеличение испаряемости по отношению к началу освоения резко изменяется в зависимости от степени освоенности и в среднем за вегетацию достигает 30 % и более.

Анализ данных по Голодной и Каршинской степям показывает, что испаряемость при переходе от целины к оазису снижается довольно значительно, но только в отдельные месяцы — апрель-июль. Так, при небольшой разнице температур ($+1,6 + 2,2^{\circ}\text{C}$) относительная влажность в эти месяцы может отличаться на 21 % и более. Это дает переходной коэффициент от целины к оазису 0,73 и менее.

Далее, в процессе освоения, разница сглаживается. Поэтому целесообразнее определить переходной коэффициент для различных месяцев в зависимости от исходной влажности воздуха на целине по отношению к оазису. При этом нами этот коэффициент взят как обратный, так как обычно метеорологические данные по испаряемости хорошо изучены для орошаемого массива, где имеется густая ме-

теорологическая сеть, а по целине, которая предполагается к освоению, имеются лишь отдельные данные по изменению температур и относительной влажности воздуха.

Произведенные нами расчеты показали слабое влияние относительного изменения температуры в условиях оазиса и перехода от пустыни к нему (1-4,5%) и доминирующее значение изменения относительной влажности, на основе чего построен график зависимости $\frac{E}{E_0}$ от взаимного отношения среднемесячной влажности в пустыне или переходном массиве к среднемесячной влажности в этот же период оазиса ($\frac{e}{e_0}$) (рис.2).



На основе этого графика и известных для оазиса среднемесячных значений испаряемости можно определить значение искомой испаряемости не только для целины, но и для любого переходного во времени момента вегетации. При этом диапазон изменения влажности составляет от 20% в пустыне до 60% в условиях оазиса, что несколько более широко, чем у В.Р.Шредера, где эти параметры соответственно 30 и 55%.

Рис.2. Зависимость $\frac{E}{E_0} = f\left(\frac{e}{e_0}\right)$.

7. Постоянное увлажнение почвы при поливах и расход тепла на испарение приводит к уменьшению температуры почвы по отношению к целине. Сравнение метеорологических данных показывает, что в июле-октябре эта разница составляет 3,5-4°C. В то же время непосредственные наблюдения позволяют установить, что эта разница достигает 6-16°C.

8. Хотя изменчивость элементов теплового баланса достаточно велика, однако сравнение данных для одного и того же года

(Э.Чолпанкулов и Т.Нигматов, 1974) и ряда лет в Голодной и Каршинской степях показывает, что величина радиационного баланса в среднем за год возрастает на 10–20 %, а в летние месяцы – июнь–август – вследствие поливов среднедекадные значения увеличиваются на 30–70 %.

Максимально наблюдаемая величина на целине в Каршах составляла $Q_{85} \text{ кал/см}^2/\text{мин}$, уже в первый год вегетации она поднялась до $1,127 \text{ кал/см}^2/\text{мин}$, затем еще несколько возросла. В то же время турбулентный поток претерпевает значительные изменения: если на целине он всегда направлен летом от поверхности почвы в атмосферу, то после поливов направление его меняется. В результате общее количество тепла, затраченное на испарение, становится больше радиационного баланса, достигая превышения над R на 10–22 %.

Снижение силы ветра, наблюдаемое при переходе от пустыни к орошаемым оазисам, по данным Н.Г.Петрова достигает 20 %. В отличие от мнения Мердока и ряда других зарубежных исследователей установлено, что орошение снижает скорость ветра приблизительно вдвое. При этом снижение происходит как бы в два этапа (рис.3): в первые два-три года орошения скорость ветра уменьшается на 30–40 %; на оставшиеся 10–20 % она снижается постепенно, в течение длительного периода – 7–10 лет.

Первое снижение скорости ветра связано с возникновением сопротивления в виде сплошного растительного покрова, который особо уменьшает силу ветра в месяцы развитого стояния растений (июль–сентябрь); второе – с ростом древесной растительности, резко уменьшающей силу ветра и на больших высотах. Если учесть, что сила ветра во многом определяет величину испаряемости и испарения, то отсюда ясна положительная роль растительности в сокращении водопотребления, уменьшении подтяжки солей и т.д., а также снижении вредного воздействия ветра на рост и развитие отдельных сельскохозяйственных культур. Поэтому необходимо активизировать посадку древесной растительности, особенно лесополос вокруг целинных полей.

Разработанные Н.Г.Петровым, А.И.Молчановым и другими лесомелиораторами конструкции лесных полос для степных и пустынных зон позволяют снизить скорость ветра на полях в пределах

поливной карты (300–400 м) до 20 % и более. При этом необходимо обеспечить высоту полос до 10 м при ажурной и продуваемой конструкции.

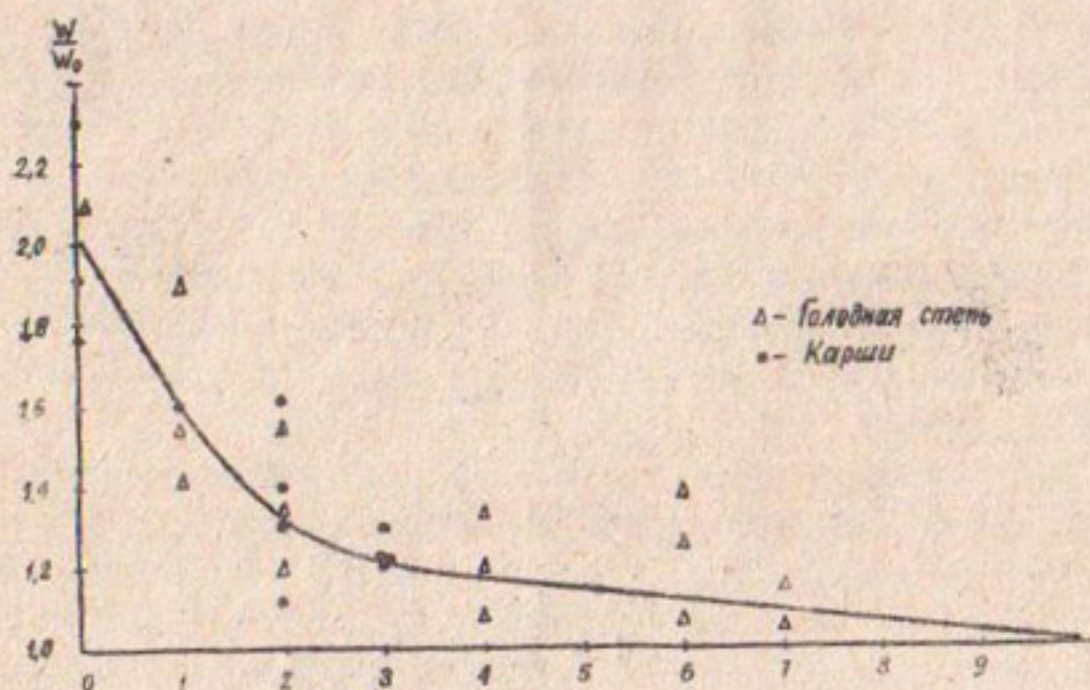


Рис.3. Изменение скорости ветра по мере орошения земель.

Опыт совхоза "Пахтаарал", а затем и посадка защитных лесополос в юго-восточной части Голодной степи (совхоз "Фархад", г.Янгйер и др.) показывают, что для этого следует подобрать быстрорастущие породы деревьев, такие как тополь Боле с подсадкой в другие ряды более устойчивых, какими являются ясень пенсильванский, лох, белая акация. При этом достигается снижение ветровой активности в зоне 30–40-кратной высоты полос даже до 30 %.

Таким образом, увеличение водопотребления, вызванное изменением климатических показателей в процессе освоения, может быть определено введением поправочного коэффициента к нормам водопотребления для оазиса, устанавливаемого на основе гипотезы, что изменение водопотребления пропорционально изменению испаряемости с поправкой на силу ветра (по И.А.Кузину):

$$\eta = \frac{(U_{\phi} + T_p)}{(U_{\phi} + T_p)_0} = \frac{E}{E_0} \cdot \left(1 + 0,15 \frac{\omega}{\omega_0}\right).$$

Величина $\frac{E}{E_0}$ может быть определена по графику (см. рис.2) в зависимости от начальной (для пустыни) влажности воздуха, имеющейся в метеорологических справочниках; а $\frac{\omega}{\omega_0}$ — по рис.3.

Вторая часть определяемого водопотребления устанавливается изменением запасов влаги в зоне аэрации под влиянием орошения. Динамика хода изменения этой влажности $(\omega - \omega_0)$ при орошении в Голодной степи описана нами в работе [1] — достигает 6 тыс.м³/га в год под действием, в основном, перемещающегося вниз фронта увлажнения подвешенной капиллярной влаги. Перенос вверх сорбционной и диффузионной влаги из глубоких горизонтов без видимого увлажнения очень незначителен по сравнению с гравитационным увлажнением — 150–250 м³/га в год, и им можно пренебречь.

Абсолютно аналогичные нашим данные по промачиванию грунтов в процессе орошения при достаточном увлажнении получили В.А.Сурия на Гараутинском массиве нового орошения и И.П.Мочалов и другие в Яванской долине Таджикистана.

Обработка имеющихся данных позволила получить зависимость продвижения фронта увлажнения в первый год h_1 и последующие h_t (от 2 до 5):

$$h_1 = 1,7 \sqrt{Kt}; \quad h_t = (h_1 + 0,5) \tau^{-0,562},$$

где t — суммарное время полива, сутки;

τ — год освоения;

K — коэффициент фильтрации.

Исходя из того, что соотношения влажностей при этом составляют ниже метрового слоя на уровне 0,7–0,9 ППВ, величина дополнительной водоподечи на глубокое увлажнение может быть определена как

$$\Delta W = 10^4 (h_t - 1) (0,8 W_{ппв} - W_0),$$

где h_t — продвижение фронта увлажнения, м;

$W_{ппв}$ — предельная полевая влагемкость, %;

W_0 — исходная влажность, %.

Л и т е р а т у р а

1. Д у х о в н ы й В.А. Орошение и освоение Голодной степи.
М., "Колос", 1973.

И.А.СОРОКИНА, канд.геол.-мин.наук

Х.И.ЯКУБОВ, канд.техн.наук

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Нарастание дефицита оросительной воды в Средней Азии при наличии больших резервов свободных площадей приводит к необходимости решения важной народнохозяйственной проблемы — разработке комплекса мероприятий по рациональному и экономному расходованию существующих водных ресурсов в бассейне Аральского моря.

Одно из направлений в решении этой проблемы — комплексная реконструкция гидромелиоративных систем на староорошаемых землях с низкими показателями эффективности оросительно-дренажной сети и урожайности сельскохозяйственных культур.

Как известно, реконструкция отдельных звеньев оросительной системы, направленная на уменьшение фильтрационных потерь из каналов, приводит к некоторой экономии оросительной воды. Однако повышение КПД оросительной системы и техника полива влияют на сложившиеся за длительный период мелиоративные режимы староорошаемых регионов и изменяют их.

В связи со сказанным, необходимо разработать методику прогноза изменения мелиоративных процессов на орошаемых землях для новых условий работы оросительной системы. Некоторые исследования в этом направлении сделаны М.И.Каплинским [1], но в них определяется лишь изменчивость дренажного стока под влиянием проектируемых водохозяйственных мероприятий.

Нами на основе балансовых методов расчета рассматривается прогноз предельных состояний мелиоративного режима, который наступает через определенный период после реализации проектируе-

ных мер по реконструкции оросительных систем.

Расчетные зависимости для оценки изменчивости поливной нормы "брутто" поля (M_{II}), дренажного стока (D), глубины залегания УГВ при изменении КПД системы оросительных каналов (вегетационный период)

Согласно [2], для орошаемой территории при наличии дренажа баланс грунтовых вод

$$\Delta W_{gp} = \underline{P} - \underline{Q} + \Phi_k + q \pm p - \emptyset, \quad (I)$$

где ΔW_{gp} — изменение запасов грунтовых вод за рассматриваемый период, $m^3/га$;

$\underline{P}, \underline{Q}$ — подземный приток и отток, $m^3/га$;

Φ_k — фильтрационные потери из оросительной сети, $m^3/га$;

$\pm p$ — вертикальный водообмен балансового слоя с глубокими подземными водами, $m^3/га$;

$\emptyset$ — дренажный сток, $m^3/га$;

q — вертикальный водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами, $m^3/га$;

$$q = A_1 + \Phi_n - U_{gp}. \quad (2)$$

Здесь A_1 — доля осадков, идущая на питание грунтовых вод, $m^3/га$;

Φ_n — инфильтрация поливных вод на полях в грунтовые, $m^3/га$;

U_{gp} — испарение грунтовых вод (подпитывание зоны аэрации грунтовыми водами), $m^3/га$.

Для среднеегоголетних условий ($\Delta W_{gp} = 0$) из (I) и (2) нагрузка на дренаж в существующих условиях определяется уравнением

$$\emptyset_0 = (\underline{P} - \underline{Q})_0 + \Phi_k^0 + A_1^0 + \Phi_n^0 - U_{gp}^0 \pm p_0. \quad (3)$$

Запишем фильтрационные потери по системе Φ_k и на поле Φ_n через КПД системы и водоподачу "брутто" поля. При известных суммарных фильтрационных потерях оросительной системы в целом (или отдельного ее звена), ее технический КПД

$$\eta = 1 - \frac{\Phi_k}{Q_2}, \quad (4)$$

где Φ_k — фильтрационные потери в системе (отдельном звене);
 Q_p — забор в голове системы (отдельного звена).

Из общего объема фильтрационных потерь в каналах на пополнение запасов грунтовых вод пойдет

$$\Phi'_k = \beta \cdot \Phi_k \quad (5)$$

(β — доля фильтрации из каналов, идущая на питание грунтовых вод).

При высоком стоянии уровня грунтовых вод, если нет специальных перехватывающих дрена, лесных полос и других средств локализации фильтрации из каналов, можно принять

$$\beta = 1 \text{ [3] и } \Phi'_k = \Phi_k.$$

Фильтрационные потери по системе в целом (от забора в голове канала до объема, доведенного до поля) могут быть выражены и через КПД:

$$\Phi_{\text{к.сис.}} = M_n \cdot \frac{1-\eta}{\eta} \quad (6)$$

Здесь M_n — оросительная норма "брутто" поля;

$$\eta = \eta_{\text{маг}} \cdot \eta_{\text{межк}} \cdot \eta_{\text{вн}}, \quad (7)$$

где $\eta_{\text{маг}}$, $\eta_{\text{межк}}$ и $\eta_{\text{вн}}$ — соответственно КПД сети магистральных, междоусобных и внутрихозяйственных каналов.

Аналогично можно выразить фильтрационные потери любого звена оросительной системы:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_{\text{к.маг.}} &= M_{\text{межк}} \cdot \frac{1-\eta_{\text{маг}}}{\eta_{\text{маг}}} \\ \Phi_{\text{к.межк}} &= M_{\text{вн}} \cdot \frac{1-\eta_{\text{межк}}}{\eta_{\text{межк}}} \\ \Phi_{\text{к.вн}} &= M_n \cdot \frac{1-\eta_{\text{вн}}}{\eta_{\text{вн}}} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где $M_{\text{межк}}$, $M_{\text{вн}}$ — забор воды в головной части междоусобных и внутрихозяйственных каналов.

При комплексной реконструкции одним из основных элементов оросительной системы, подлежащих совершенствованию, является техника полива, влияние которой на мелиоративные процессы выражается через ее КПД. Понятие "КПД техники полива", введенное Н.Т.Лактаевым [4], характеризуется отношением полезного водопотребления (эвапотранспирация) растений за вегетационный период к

объему воды, поступившей на поля.

Потери воды на поле в зависимости от техники полива складываются из:

- испарения с водной поверхности в бороздах в процессе полива;
- фильтрации на УГВ ("глубинная фильтрация");
- сбросов за пределы поля.

На староорошаемых районах, в большинстве своем представленных несовершенной оросительной системой, подлежащей реконструкции, и гидроморфным и полугидроморфным режимом почвообразования, по данным Н.Т.Лактаева, наблюдается самая высокая глубинная фильтрация, составляющая 65-95 % от общих потерь за счет техники полива. При автоморфном режиме почвообразования значение глубинной фильтрации несколько меньше - 45-80 %. В аридной зоне в условиях высокого КЗИ при гидроморфном режиме почвообразования фильтрационные потери на поле не являются непроизводительными, а оросительная сеть работает в подпортом режиме.

Следует отметить, что при любых мелиоративных режимах чисто промывной режим орошения создается лишь при определенном соотношении фильтрационных потерь оросительной воды на поле (Φ_n) и использования грунтовой воды в общем водопотреблении растений:

$$\left. \begin{array}{l} \text{промывной режим} \\ \text{стабильный или непромывной режим} \\ \text{с реставрацией засоления при вы-} \\ \text{сокой минерализации грунтовых вод} \\ \text{засоляющий режим} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Phi_n / u_{gr} > 1 \\ \Phi_n / u_{gr} = 1 \\ \Phi_n / u_{gr} < 1 \end{array} \quad (9)$$

Из соотношений (9) очевидно, что создать промывной режим орошения можно не только за счет потерь на поле (и, как следствие, увеличения оросительной нормы M_n), но и за счет снижения УГВ (уменьшения u_{gr}). В то же время в период вегетации можно допустить, что $\frac{\Phi_n}{u_{gr}} < 1$, если накопление солей не будет превышать их выноса в период невегетационных промывок.

Величина Φ_n связана с КПД техники полива соотношением

$$\eta_{г.п.} = 1 - \frac{\Phi_n + E_n + C_{\delta}}{M_n} \quad (10)$$

где Φ_n — объем воды, фильтрующийся на поле до ГВ;
 E_m — испарение в процессе полива;
 C_f — сброс за пределы поля.

Величина Φ_n в общем случае зависит от литологического состава зоны аэрации, глубины залегания грунтовых вод, техники полива и т.п.

В общем виде объем поливной воды, просочившейся до ГВ, есть

$$\Phi_n = \alpha M_n. \quad (II)$$

Решая совместно (I0) и (II), получим зависимость для определения α :

$$\alpha = (1 - \eta_{т.п.}) - \frac{E_m}{M_n} - \frac{C_f}{M_n}, \quad (12)$$

при отсутствии сбросов с поля

$$\alpha = (1 - \eta_{т.п.}) - \frac{E_m}{M_n}. \quad (12a)$$

Из сказанного выше в существующих условиях фильтрационные потери по системе каналов и на поле составят:

$$\begin{aligned} \Phi_n^0 &= M_n^0 \cdot \frac{1 - \eta_0}{\eta_0}, & \text{а)} \\ \Phi_n^0 &= \alpha_0 M_n^0. & \text{б)} \end{aligned} \quad (13)$$

В прогнозных условиях

$$\begin{aligned} \mathcal{D}_i &= (\Pi - \underline{\mathcal{D}})_i + \Phi_k^i + A_i^i + \Phi_n^i - U_{сп}^i \pm P_i, & \text{а)} \\ \Phi_k^i &= M_n^i \frac{1 - \eta_i}{\eta_i}, & \text{б)} \\ \Phi_n^i &= \alpha_i \cdot M_n^i. & \text{в)} \end{aligned} \quad (14)$$

Вычитая (3) из (14), получим:

$$\begin{aligned} \mathcal{D}_i - \mathcal{D}_0 &= [(\Pi - \underline{\mathcal{D}})_i - (\Pi - \underline{\mathcal{D}})_0] + (\Phi_k^i - \Phi_k^0) + (A_i^i - A_i^0) + \\ &+ (\Phi_n^i - \Phi_n^0) + (U_{сп}^0 - U_{сп}^i) \pm (P_i - P_0). \end{aligned} \quad (15)$$

Для равнинных территорий в среднемноголетнем разрезе при незначительном изменении УГВ можно принять:

$$\left. \begin{aligned} (\Pi - Q)_i - (\Pi - Q)_o &= 0 \\ A_i^i - A_o^o &= 0 \\ P_i - P_o &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Преобразуя (15) с учетом (16), (13 а,б) и (14 б,в), получим:

$$D_i - D_o = \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (M_n^i - M_n^o) + (\alpha_i M_n^i - \alpha_o M_n^o) + (U_{гп}^o - U_{гп}^i). \quad (17)$$

С учетом (12 а) и при испарении в процессе полива $E_m^i = E_m^o$ получим

$$D_i - D_o = \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (\eta_{г.п}^i \cdot M_n^i - \eta_{г.п}^o \cdot M_n^o) + (U_{гп}^o - U_{гп}^i). \quad (18)$$

В правой части уравнения (18) имеем:

$\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} = M_r^i - M_r^o$ — изменение головного забора (M_r) на I га орошаемого поля, которое в общем случае при $\eta_i > \eta_o$ дает уменьшение головного водозабора при повышении КПД системы;

$\eta_{г.п} \cdot M_n = M_n$ — оросительная норма "нетто", которая при $Z_i > Z_o$ возрастает (рис.1); отсюда

$\eta_{г.п}^i \cdot M_n^i - \eta_{г.п}^o \cdot M_n^o$ — дает увеличение оросительной нормы "нетто", а при $\eta_{г.п}^i = \eta_{г.п}^o$ — возрастание оросительной нормы "брутто" поля, а также головного водозабора;

$U_{гп}^o - U_{гп}^i$ — характеризует уменьшение расхода грунтовой воды в общем водопотреблении растения при $Z_i > Z_o$;

Уравнение (18) решим относительно общего водопотребления (по С.Ф.Аверьянову):

$$U_{гп} = B_{общ} \left(1 - \frac{Z}{Z_k} \right)^n \quad (19)$$

Используя прием В.М.Шестакова [7], уравнение всегда можем привести к линейному ($n = 1$) при расчетных значениях Z_k и $B_{общ}$.

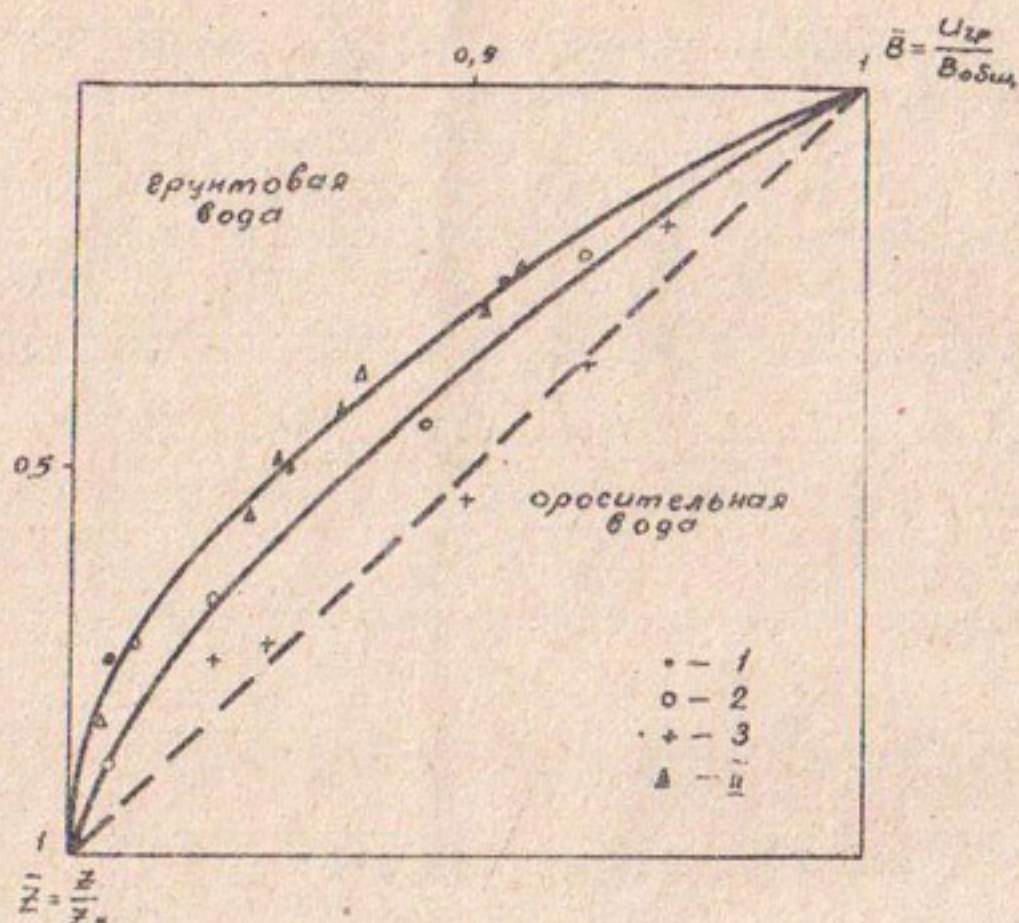


Рис. 1. Долевое участие оросительной и грунтовой воды в общем водопотреблении в зависимости от глубины залегания грунтовых вод.

I – по данным СоюзНИИ [5]: I – почвы со слабой водоподъемной способностью; 2 – то же со средней и 3 – с большой водоподъемной способностью; II – по данным М.С. Алимова водопотребление из ГВ для Хорезмского оазиса [6].

При

$$B_{общ} = M_n + U_{гр} \quad (20)$$

и с учетом (19) имеем:

$$M_n = \frac{B_{общ}}{\eta_{г.п.}} \cdot \frac{z}{z_k} \quad (21)$$

Учитывая (21), уравнение (18) приведем к виду

$$Q_i - Q_o = \frac{B_{общ}^i}{\eta_i \cdot \eta_{г.п.}} \cdot \frac{z_i}{z_k} - \frac{B_{общ}^o}{\eta_o \cdot \eta_{г.п.}} \cdot \frac{z_o}{z_k} - B_{общ}^i - B_{общ}^o \quad (22)$$

В частном случае при $B_{обш}^i = B_{обш}^o$.

$$D_i - D_o = \frac{B_{обш}}{Z_k} \left(\frac{Z_i}{\eta_i \eta_{г.п.}^i} - \frac{Z_o}{\eta_o \eta_{г.п.}^o} \right). \quad (23)$$

В уравнениях (22) и (23) достаточно сложно найти $B_{обш}$, зависящее от ряда факторов: влажности корнеобитаемого слоя, глубины залегания уровня грунтовых вод, теплового режима поля и т.д. На рис.2 приведен характер зависимости $B_{обш}$ от УГВ, построенной нами по осредненным данным СоюзНИХИ [5].

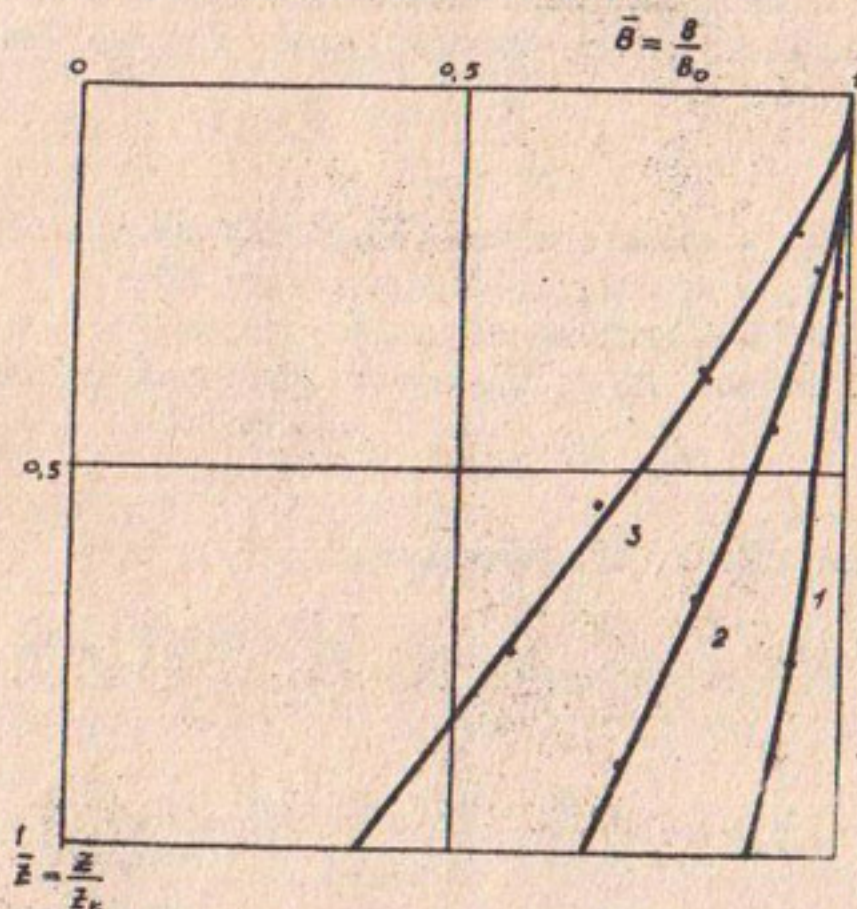


Рис.2. Зависимость общего водопотребления от УГВ:
1 — для тяжелых плотных почв восточных районов Ферганской долины; 2 — для среднесуглинистых, достаточно однородных по строению и сложению почв; 3 — рыхлые микроструктурные почвы ряда районов Голодной степи.

В связи с этим решим (17) и (18) через поливную норму "брутто" поля (M_n):



$$D_i - D_o = \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (M_n^i - M_n^o) + (\alpha_i \cdot M_n^i - \alpha_o \cdot M_n^o) + E_o \frac{z_i - z_o}{z_k} \quad (24)$$

или при отсутствии обросов с поля

$$D_i - D_o = \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (\eta_{г.п.}^i M_n^i - \eta_{г.п.}^o M_n^o) + E_o \frac{z_i - z_o}{z_k} \quad (25)$$

Уравнения (24) и (25) в общем случае являются прогнозными. Для их решения введем понятие "удельный приток к дрене", представляющее собой дренирующую способность дрен с 1 га площади на 1 м понижения. Отсюда удельный приток к дрене можно выразить уравнением

$$q_{др} = \frac{D}{z_{др} - z_{ср}} \quad (26)$$

где $z_{др}$ - средняя глубина заложения дрен на массиве;

$z_{ср}$ - средняя глубина залегания УГВ;

D - дренажный модуль, м³/сут.га.

С учетом (26) и $z_{др} = const$ изменение дренажного стока

$$D_i - D_o = q_{др} (z_{ср}^o - z_{ср}^i) \quad (27)$$

Приведем (24) и (25) подстановкой (27) к виду

$$(z_o - z_i) \left(q_{др} + \frac{E_o}{z_k} \right) = \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (M_n^i - M_n^o) + (\alpha_i M_n^i - \alpha_o M_n^o) \quad (28)$$

или

$$(z_o - z_i) \left(q_{др} + \frac{E_o}{z_k} \right) = \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (\eta_{г.п.}^i M_n^i - \eta_{г.п.}^o M_n^o) \quad (29)$$

Из (28) и (29) имеем ряд частных случаев:

1. При $z_i = z_o$; $\alpha_i = \alpha_o = \alpha$

$$M_n^i = M_n^o \frac{\eta_i (1 + \alpha \eta_o - \eta_o)}{\eta_o (1 + \alpha \eta_i - \eta_i)} \quad \text{а)} \quad (30)$$

$$M_n^i = M_n^o \frac{\eta_i (1 - \eta_{г.п.}^o \cdot \eta_o)}{\eta_o (1 - \eta_{г.п.}^i \cdot \eta_i)} \quad \text{б)}$$

При $\alpha_i \neq \alpha_o$

$$M_n^i = M_n^o \frac{\eta_i (1 + \alpha_o \eta_o - \eta_o)}{\eta_o (1 + \alpha_i \eta_i - \eta_i)} \quad \text{в) } (30)$$

2. При $M_n^i = M_n^o$

$$\Delta Z_i = Z_o - Z_i = M_n^o \left(\frac{1}{\eta_i} - \frac{1}{\eta_o} + \alpha_i - \alpha_o \right) \cdot \frac{1}{q_{\text{ус}} + \frac{E_o}{Z_x}}, \quad \text{а) } (31)$$

$$\Delta Z_i = M_n^o \left(\frac{1}{\eta_i} - \frac{1}{\eta_o} - \eta_{\text{г.п.}}^i + \eta_{\text{г.п.}}^o \right) \frac{1}{q_{\text{ус}} + \frac{E_o}{Z_x}} \quad \text{б) } (31)$$

в случае, когда можно допустить $\alpha_i = \alpha_o = \alpha = \text{const}$,
а следовательно, $\eta_{\text{г.п.}}^i = \eta_{\text{г.п.}}^o = \eta_{\text{г.п.}} = \text{const}$,

$$\Delta Z_i = \frac{M_n^o}{q_{\text{ус}} + \frac{E_o}{Z_x}} \cdot \frac{\eta_o - \eta_i}{\eta_o \cdot \eta_i}; \quad (32)$$

3. При $Z_i = Z_o$ и $M_n^i = M_n^o$ (из 24) и (25) имеем:

$$D_i - D_o = M_n^o \frac{\eta_o - \eta_i}{\eta_o \cdot \eta_i}, \quad \text{а) } (33)$$

$$D_i - D_o = M_n^o \left(\frac{1}{\eta_i} - \frac{1}{\eta_o} - \eta_{\text{г.п.}}^i + \eta_{\text{г.п.}}^o \right), \quad \text{б) } (33)$$

а при $\eta_{\text{г.п.}}^i = \eta_{\text{г.п.}}^o$ получим (33, а).

Если ни один из частных случаев при прогнозе не приемлем, то используем уравнение (28) или (29) и (24), или (25) в следующем порядке:

- задаемся требуемой глубиной УГВ, Z_i ;
- по анализу работы дренажной сети до переустройства по (26) находим $q_{\text{ус}}$;
- при заданном Z_i по графикам М.М.Крылова [8] либо натурным наблюдениям для изучаемого района находим α_i и α_o при Z_o ;
- по уравнению (28) или (29) определяем M_n^i ;
- по формуле (24) или (25) находим $D_i - D_o$;
- исходные величины, характерные для вегетационного периода длительностью $\Delta t_{\text{век}}$, принимаются в м³/сут.га или в м;
- при полученных D_i и $Z_{\text{ср}}^i$ находим прогнозную удельную

протяженность дрен по следующей зависимости^X:

$$l_i = \frac{q_{ys}}{q_e} (Z_{cp}^o - Z_{cp}^i) + l_o, \quad (34)$$

где $q_e = \frac{D_o}{l_o}$ — приток на 1 м дрены;
 l_o — существующая протяженность дренажа, м/га.
 Изменение удельной протяженности дрен

$$\Delta l_i = \frac{q_{ys}}{q_e} (Z_{cp}^o - Z_{cp}^i). \quad (35)$$

Изменение солевого баланса почвогрунтов и минерализации
 грунтовых вод при изменении КПД системы оросительных
 каналов на конец вегетационного периода

Анализ результирующих зависимостей (24) и (25) показывает, что повышение КПД системы оросительных каналов должно привести к уменьшению дренажного стока, увеличению минерализации грунтовых и дренажных вод. В этом случае за счет процессов испарения с поднимающимися грунтовыми водами в почвогрунты зоны аэрации будет транспортироваться некоторый дополнительный объем солей, рассчитать который можно при нахождении прогнозной минерализации грунтовых вод.

На основании уравнения (24), изменение запасов солей в грунтовых водах с увеличением или уменьшением КПД системы запишем в виде

$$C_i^{sp} D_i - C_o^{sp} D_o = C_{cp} \left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - C_{cp} (M_n^i - M_n^o) + (C_i^{ms} \alpha_i M_n^i - C_o^{ms} \alpha_o M_n^o) + \quad (36) \\ + C_o^{sp} E_o \left(1 - \frac{Z_o}{Z_x} \right) - C_i^{sp} E_i \left(1 - \frac{Z_i}{Z_x} \right),$$

^X При определении новой удельной протяженности дренажа при региональных расчетах, на наш взгляд, целесообразно пользоваться методом аналогий, если конструкция дрен и глубина их заложения не меняются. Тогда приток к дрине выражается равенством

$$q_i = \frac{D}{l}. \quad (34 \text{ а})$$

Выражая $D_i - D_o$ через (34 а) и (26), получим приближенную зависимость (34) для прогнозной удельной протяженности дрен.

где C^{zp} — минерализация грунтовой воды;
 C_{op} — то же оросительной воды;
 $C^{пол}$ — минерализация воды, фильтрующейся на УГВ непосредственно на орошаемом поле, которую находим из условия полного перемешивания порового раствора в зоне аэрации с концентрацией $C^{п.р.}$ и оросительной воды, просочившейся в почву:

$$C^{пол} = \frac{C^{п.р.} V_{з.а.} \theta + C_{op} \cdot \eta_{г.в.} \cdot M_n}{V_{з.а.} \theta + \eta_{г.в.} M_n}, \quad (37)$$

$V_{з.а.}$ — объем зоны аэрации;

θ — объемная влажность зоны аэрации;

$$C^{п.р.} = \frac{S_{почв.}}{V_{з.а.} \cdot \theta} \quad (38)$$

($S_{почв.}$ — запасы солей в зоне аэрации — растворимые, переходящие в почвенный раствор и выносимые в грунтовые воды).

Из (36) получим прогнозную минерализацию грунтовых вод:

$$C_i^{zp} = \frac{C_{op} \left[\left(\frac{M_n^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o}{\eta_o} \right) - (M_n^i - M_n^o) \right] + (C_i^{пол} \alpha_i M_n^i - C_o^{пол} \alpha_o M_n^o) + C_o^{op} [D_o + E_o (1 - \frac{x_o}{x_k})]}{D_i + E_o (1 - \frac{x_i}{x_k})}. \quad (39)$$

В уравнении (39), наряду с изменением C_i^{zp} , будет меняться и $C_i^{пол}$; в связи с этим решить его можно лишь на основе итераций. В первом приближении определяем $C_i^{пол}$ из (37), принимая C^{zp} на уровне исходного, и вычисляем по (39) C_i^{zp} . На конец вегетации в зоне аэрации запасы солей будут равны

$$S'_{почв.} = S_{почв.} - S_{пол.}, \quad (40)$$

где $S_{пол.}$ — объем солей, ушедший из зоны аэрации за вегетационный период за счет поливов,

$$S^{пол.} = C^{пол} \alpha_i M_n^i. \quad (41)$$

К объему солей $S'_{почв.}$ в ходе испарения грунтовой воды с минерализацией C_i^{zp} добавится объем ΔS_i , равный

$$\Delta S_i = C_i^{zp} \cdot E_o (1 - \frac{x_i}{x_k}). \quad (42)$$

Тогда минерализация почвенного раствора

$$C_i^{np} = \frac{S'_{npys} + \Delta S_i}{V_{з.д.} \theta} \quad (43)$$

θ в (38) и (43) при долгосрочных прогнозах можно принять постоянным. Далее по (37) определяем C_i^{np} и по (39) — $C_i^{зр}$. В указанном порядке подбор ведем до совпадения принятых и полученных расчетных величин.

Изменение промывной нормы, УГВ и дренажного стока при изменении КПД оросительной системы (невегетационный период)

Расчетное уравнение для невегетационного периода получаем в следующем виде (вывод аналогичен для вегетационного периода):

$$D_i^{нес} - D_o^{нес} = \left(\frac{M_{ар}^i}{\eta_i} - \frac{M_{ар}^o}{\eta_o} \right) - (M_{пр}^i - M_{пр}^o) + (\gamma_i M_{ар}^i - \gamma_o M_{ар}^o) + E_o^{нес} \cdot \frac{Z_i^{нес} - Z_o^{нес}}{Z_k}, \quad (44)$$

$$\text{где } M_{пр} = N + \Delta M_{ар}; \quad (45)$$

$M_{ар}$ — объем промывной воды, поданной на поле, м³/га;

$\Delta M_{ар}$ — потери промывной воды на поле (на испарение и т.п.);

γ — коэффициент, учитывающий долю промывной воды, поступающей на УГВ;

$\gamma M_{пр} \approx N$ — промывная норма "нетто", м³/га.

По В.Р.Волобуеву [5], при опреснении метрового слоя

$$N = 10000 \lg \left(\frac{S_N}{S_o} \right)^{\alpha}. \quad (46)$$

Здесь α — показатель солеотдачи, определяемый по данным опытно-производственных промывок, или по табл.6 ТУ ч.УИ [2];

S_N — содержание солей в промываемом слое почвогрунта до начала промывки, % от веса почвы;

S_o — допустимое содержание солей (в тех же единицах измерения, что и S_N);

$E_o^{нев}$ - испаряемость за невегетационный период при $Z = 0$,
м³/га.

Промывная норма для слоя почвогрунтов мощностью больше 1 м может быть определена по формуле И.П.Айдарова:

$$N = 10000 \left(\alpha \lg \frac{S_h}{\bar{S}_h} + \frac{\alpha}{\mu} h \right), \quad (47)$$

где $\bar{S}_h$ - допустимое содержание солей на глубине h , %;
 μ - дополнительный коэффициент, величина которого зависит от скорости отвода промывных вод согласно зависимости В.Р.Волобуева

$$h = \mu \lg \frac{S_h}{S_1}; \quad (48)$$

h - глубина, для которой определяется остаточное солесодержание, м;

S_h - остаточное солесодержание на глубине h , % от исходного;

S_1 - остаточное солесодержание в слое 0-100 см, % от исходного.

Из предыдущего раздела видно, что с уменьшением дренажного стока меняется минерализация грунтовых вод и запасы солей в зоне аэрации. Для прогнозных условий N_i может быть определено по В.Р.Волобуеву или по И.П.Айдарову в зависимости от требуемой глубины рассоления почвогрунтов. Например, при использовании зависимости (46), имеем:

$$N_i = 10000 \lg \left(\frac{S_h^i}{S_a} \right)^\alpha; \quad (49)$$

$$S_h^i = S_{почв} - S^{пол} + \Delta S_i, \quad (50)$$

где $S^{пол}$ определяется из (41), а ΔS_i - из (42).
Определив N_i , мы, в принципе, находим $M_{др}^i$, так как $\Delta M_{др}$ известны или ими задаются как доли от $M_{др}$. Последующий расчет изменчивости дренажного стока по (44) не вызывает трудностей при заданной глубине $Z_i^{нев}$.

Изменчивость дренажного стока на среднегодовые условия

Сложив почленно (24) и (44), получим расчетные зависимости в среднегодовом разрезе:

$$\mathcal{D}_i^{ср.г} - \mathcal{D}_o^{ср.г} = \left(\frac{M_n^i + M_{np}^i}{\eta_i} - \frac{M_n^o + M_{np}^o}{\eta_o} \right) - \left[(M_n^i + M_{np}^i) - (M_n^o + M_{np}^o) \right] + \left[(\alpha_i M_n^i + N_i) - (\alpha_o M_n^o + N_o) \right] + E_o^r \cdot \frac{\mathcal{Z}_i^{ср.г} - \mathcal{Z}_o^{ср.г}}{\mathcal{Z}_k}, \quad (51)$$

где $M_n + M_{np} = O_p$ (52)

— годовая оросительная норма "брутто" поля, м³/га;

$$\alpha M_n + N = \xi O_p - \quad (53)$$

объем воды в годовом разрезе, пошедшей на пополнение запасов ГВ;

ξ — доля оросительной воды, фильтрующейся в ГВ на поле.

С учетом (52) и (53) запишем (51) в виде

$$\mathcal{D}_i^{ср.г} - \mathcal{D}_o^{ср.г} = \left(\frac{O_p^i}{\eta_i} - \frac{O_p^o}{\eta_o} \right) - (O_p^i - O_p^o) + (\xi_i O_p^i - \xi_o O_p^o) + E_o^r \cdot \frac{\mathcal{Z}_i^{ср.г} - \mathcal{Z}_o^{ср.г}}{\mathcal{Z}_k}. \quad (54)$$

Решить это уравнение можно аналогично изложенному выше для вегетационного периода:

$$(\mathcal{Z}_i^{ср.г} - \mathcal{Z}_o^{ср.г}) \left(\frac{1}{\eta_i} - \frac{1}{\eta_o} + \xi_i - \xi_o \right) + \frac{E_o^r}{\mathcal{Z}_k} = \left(\frac{O_p^i}{\eta_i} - \frac{O_p^o}{\eta_o} \right) - (O_p^i - O_p^o) + (\xi_i O_p^o - \xi_o O_p^i). \quad (55)$$

Из (54) и (55) имеем ряд частных случаев:

1. При $\mathcal{Z}_i^{ср.г} = \mathcal{Z}_o^{ср.г}$

$$O_p^i = O_p^o \frac{(1 + \xi_o \eta_o - \eta_o) \eta_i}{\eta_o (1 + \xi_i \eta_i - \eta_i)}; \quad (56)$$

2. При $O_p^i = O_p^o = O_p$

$$\Delta \mathcal{Z}_i^{ср.г} = \mathcal{Z}_o^{ср.г} - \mathcal{Z}_i^{ср.г} = O_p \left(\frac{1}{\eta_i} - \frac{1}{\eta_o} + \xi_i - \xi_o \right) \frac{1}{\frac{1}{\eta_o} + \frac{E_o^r}{\mathcal{Z}_k}}; \quad (57)$$

3. При $\mathcal{Z}_i^{ср.г} = \mathcal{Z}_o^{ср.г}$ и $O_p^i = O_p^o = O_p$

$$D_i^{cp.g.} - D_o^{cp.g.} = O_p \left(\frac{\eta_o - \eta_i}{\eta_i \cdot \eta_o} + \xi_i - \xi_o \right). \quad (58)$$

Решение уравнений (54) + (58) возможно при отыскании величины ξ . Определим ξ по приближенной зависимости из (53), принимая

$$N = (0,1 \div 0,3) M_n^{netto} \approx 0,2 M_n^{netto} : \\ \xi = \frac{M_n^{netto}}{O_p} \left(\frac{\alpha}{\eta_{г.в.}} + 0,2 \right) \approx 0,833 \left(\frac{\alpha}{\eta_{г.в.}} + 0,2 \right), \quad (59)$$

где M_n^{netto} — оросительная вегетационная норма — "поле-нетто";
 O_p — оросительная годовая норма — "поле-брутто".

В общем случае для среднегодовых условий расчет ведем в следующем порядке:

- задаемся требуемой среднегодовой глубиной залегания ГВ ξ_i ;
- до переустройства по (28) при $\xi_{cp} = \xi_{cp.god.}$ находим $\eta_{cp.g.}$;
- при заданном ξ_i вычисляем α_i и при $\xi_o = \alpha_o$;
- при заданном $\eta_{г.в.}^i$ и существующем $\eta_{г.в.}^o$ по (59) определяем ξ_i и ξ_o ;
- по (55) устанавливаем годовую оросительную норму O_p^i ;
- по (54) определяем $D_i^{cp.g.}$ (либо $\Delta D_i^{cp.g.}$);
- по (34) или (35), используя среднегодовые величины, находим ℓ_i или $\Delta \ell_i$.

Пример расчета. Исходные данные принимаем средними для ряда районов Хорезмской области.

Существующий КПД отдельных звеньев: $\eta_{mag} = 0,944$, $\eta_{межх.} = 0,8$, $\eta_{вн} = 0,55$, $\eta_o = 0,415$ (магистральных, междоустьевых, внутрихозяйственных каналов и по системе); $\eta_{г.в.} = 0,7$ (на "глубинную фильтрацию").

Поливная норма "брутто" поля $M_p^o = 10$ тыс. м³/га за период апрель-август или 55,5 м³/сут.га.

Головной забор $M_r^o = 24096$ м³/га.

Чистый дренажный сток $D_p = 0,43$ л/с.га = 38,1 м³/сут.га.

Протяженность дрен ≈ 30 м/га.

Средняя глубина залегания грунтовых вод на орошаемом поле

в вегетацию $Z_0 = 1,0$ м; $\alpha_0 = 0,3$;

критическая глубина испарения $Z_k = 3,5$ м; испаряемость за вегетацию $E_0 = 1200$ мм = $0,0067$ м/сут = 67 м³/сут·га.

Средняя глубина заложения дрен $2,0$ м.

Рассмотрим общий случай.

1. Вегетационный период. КПД внутрихозяйственной сети в прогнозных условиях

$$\eta_{\text{вн}}^i = 0,8; \text{отсюда } \eta_i = 0,944 \times 0,8 \times 0,8 = 0,624.$$

Требуемая глубина залегания УГВ в вегетацию $Z_i = 1,5$ м,

$$q_{\text{др}} = \frac{0,43 \times 86,4}{2,0 - 1,0} = 37,15 \text{ (м}^3\text{/сут·га)},$$

$$\alpha_i = 0,28.$$

По (28) находим M_n^i :

$$\begin{aligned} (1,0 - 1,5) \left(37,15 + \frac{67}{3,5} \right) &= \left(\frac{M_n^i}{0,624} - \frac{55,5}{0,415} \right) - \\ &- (M_n^i - 55,5) + (0,28 M_n^i - 0,3 \times 55,5). \\ M_n^i &= 75,8 \text{ м}^3\text{/сут·га, за вегетацию } M_n^i = 13644 \text{ м}^3\text{/га или} \\ &\text{головной забор } M_n^i = 21865 \text{ м}^3\text{/га.} \end{aligned}$$

По (24) определяем изменчивость дренажного стока:

$$\begin{aligned} D_i - D_0 &= \frac{75,8}{0,624} - \frac{55,5}{0,415} - 75,8 + 55,5 + 0,28 \times 75,8 - \\ &- 0,3 \times 55,5 + 67 \times \frac{1,5 - 1,0}{3,5} = -18,36 \text{ м}^3\text{/сут·га} = - \\ &= -0,21 \text{ л/с·га.} \end{aligned}$$

Прогнозный дренажный сток

$$D_i = 0,43 - 0,21 = 0,22 \text{ л/с·га.}$$

Прогнозная удельная протяженность дрен по (34)

$$l_i = \frac{37,15 \times 30}{0,43 \times 86,4} (1,0 - 1,5) + 30 \approx 15 \text{ м/га.}$$

2. Прогнозная минерализация грунтовых вод. Исходная минерализация грунтовых вод, по данным Хорезмского ОПХ, в вегетацию $C_0 \approx 4,0$ г/л.

Минерализация поливной воды $1,27$ г/л.

Объемная влажность зоны аэрации $\theta = 0,25$.

Объемный вес почвогрунтов $1,4 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$.

Содержание солей по результатам водной вытяжки почвогрун-

тов в метровом слое $\approx 0,35\%$, из них подвижных $\approx 0,2\%$.

Общие запасы солей

$$S_{\text{почв}} = \frac{1 \times 10^4 \text{ м}^3 \times 1,4 \text{ т} \times 0,2}{\text{м}^3 \times 100} = 28 \text{ т/га.}$$

Концентрация почвенного раствора

$$C^{\text{п.р.}} = \frac{28 \text{ т}}{1 \text{ м} \times 10^4 \text{ м}^2 \times 0,25} = 0,0112 = 1,1\%,$$

что составляет $\approx 11 \text{ г/л}$;

$$C^{\text{пол}} = \frac{11 \times 0,25 \times 10^4 + 1,27 \times 0,7 \times 10000}{0,25 \times 10^4 + 7000} = 3,8 \text{ г/л.}$$

За вегетацию за счет поливов выносятся

$$S^{\text{пол}} = 3,8 \text{ г/л} \times 0,28 \times 13644 \text{ м}^3/\text{га} = 14 \text{ т/га.}$$

На конец вегетации запасы солей $S'_{\text{почв}} = 28 - 14 = 14 \text{ т/га.}$

Определяем в первом приближении принос солей в ходе испарения:

$$\Delta S_i = 4,0 \text{ г/л} \times 1,2 \text{ м} \times 10^4 \text{ м}^2 \left(1 - \frac{1,5}{3,5}\right) = 27 \text{ т/га.}$$

Минерализация почвенного раствора на конец вегетации

$$C_i^{\text{п.р.}} = \frac{14 + 27}{2500} = \frac{41}{2500} = 0,016 \text{ или } 16 \text{ г/л.}$$

Минерализация воды, фильтрующейся на УГВ,

$$C_i^{\text{пол}} = \frac{16 \times 2500 + 1,27 \times 0,7 \times 13644}{2500 + 0,7 \times 13644} = 4,3 \text{ г/л.}$$

Прогнозная минерализация грунтовой воды по (39)

$$C_i^{\text{гр}} = \frac{1,27 \left[\left(\frac{75,8}{0,624} - \frac{55,5}{0,415} \right) - (75,8 - 55,5) \right]}{18,36 + 67 \times 0,57} + \\ + \frac{(4,3 \times 0,28 \times 75,8 - 3,8 \times 0,3 \times 55,5) + 4,0(38,1 + 67 \times 0,71)}{18,36 + 67 \times 0,57} = \\ = 5,8 \text{ г/л.}$$

Повторяем расчет от ΔS_i при $C_i^{\text{гр}} = 6,1 \text{ г/л}$. При этом принимаем, что к концу вегетации минерализация грунтовых вод постепенно увеличивается с 4 г/л до 6,1 г/л, средняя за вегетационный период $C_i^{\text{гр}} = 5,05 \text{ г/л}$.

Тогда $\Delta S_i = 34,54 \text{ т/га}$;

$$C_i^{пр} = 19,4 \text{ г/л};$$

$$C_i^{ср} = 5,03 \text{ г/л};$$

$$C_i^{ср} = 6,098 \text{ г/л};$$

$$6,1 \text{ г/л} \approx 6,098 \text{ г/л}.$$

Расчет завершен, прогнозная минерализация грунтовых вод на конец вегетации 6,1 г/л.

3. Промывная норма. Почвогрунты легкого механического состава, хлоридно-сульфатного типа засоления - $\alpha = 0,82$, $S_p = 0,4\%$ от веса сухой почвы.

$$S_n^o = \frac{1,4 \times 0,35 \times 10^4}{100} \text{ т/га} = 14 \text{ т/га} + 27 \text{ т/га} = 62 \text{ т/га},$$

что составляет 0,44 % от веса сухой почвы.

Промывная норма - согласно табл.7 ТУ ч.УШ [2] - $M_{пр}^o = 3500 \text{ м}^3/\text{га}$ без учета потерь на испарение на поле ($\Delta M_{пр}$).

В прогнозных условиях:

$$S_n^i = 49 \text{ т/га} - 0,00503 \times 0,28 \times 13644 \text{ т/га} + 34,54 \text{ т/га} = 64,34 \text{ т/га} = 0,46\%.$$

Согласно той же табл.7, промывная норма остается прежней.

4. Среднегодовые условия. В существующих условиях $O_p^o = 10000 + 1,3 \times 3500 = 14550 \text{ м}^3/\text{га} = 39,86 \text{ м}^3/\text{сут.га};$

$$\zeta_j = 0,833 \left(\frac{0,3}{0,7} + 0,2 \right) = 0,52;$$

$$\zeta_j = 0,833 \left(\frac{0,28}{0,7} + 0,2 \right) = 0,5.$$

Среднегодовая глубина залегания ГВ $Z_p = 1,5 \text{ м};$

$$Z_i = 2,0 \text{ м};$$

$$E_o^r = 1400 \text{ мм} = 38,35 \text{ м}^3/\text{сут.га}.$$

Оросительная норма из (55)

$$(1,5 - 2,0) \left(37,15 + \frac{38,35}{3,5} \right) = \left(\frac{O_p^i}{0,624} - \frac{39,86}{0,415} - O_p^i + 39,86 \right) + 0,5 O_p^i - 0,52 \times 39,86, \quad O_p^i = 48,06 \text{ м}^3/\text{сут.га} = 17543 \text{ м}^3/\text{год.га}.$$

Аналогичный результат получим, сложив M_n^i и $M_{пр}^i$, определенные выше ($13644 + 3500 + 0,3 M_{пр} = 18194 \text{ м}^3/\text{год.га}$). Разница в $651 \text{ м}^3/\text{год.га}$ связана с приближенным расчетом ζ и составляет 3,5-4 %, что вполне допустимо для практических рас-

четов.

Среднегодовой дренажный сток из (54)

$$\begin{aligned} \mathcal{D}_i^{ср.г.} - \mathcal{D}_o^{ср.г.} &= \frac{48,06}{0,624} - \frac{39,86}{0,415} - 48,06 + 39,86 + 0,5 \times 48,06 - \\ &- 0,52 \times 39,86 + 38,35 \frac{2,0 - 1,5}{3,5}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{D}_i^{ср.г.} - \mathcal{D}_o^{ср.г.} &= -23,93 \text{ м}^3/\text{сут.га} = -0,277 \text{ л/с.га}, \\ \mathcal{D}_i^{ср.г.} &= 0,43 - 0,277 = 0,153 \text{ л/с.га}. \end{aligned}$$

До повышения КПД годовой забор воды из головного канала на I га орошаемой площади составлял $\mathcal{Q}_{\text{до}}^r = 35060 \text{ м}^3/\text{га}$. После реконструкции $\mathcal{Q}_{\text{до}}^r = 28114 \text{ м}^3/\text{га}$. Дренажный сток $\mathcal{D}_o = 0,43 \text{ л/с.га}$;

$\mathcal{D}_i = 0,22 \text{ л/с.га} + 0,153 \text{ л/с.га}$. Минерализация грунтовых вод $M_{\text{до}}^e = 4,0 \text{ г/л}$; $M_{\text{ср}}^e = 6,1 \text{ г/л}$.

Л и т е р а т у р а

1. Каплинский М.И. Прогнозирование изменений дренажного стока под влиянием водохозяйственных мероприятий. Фрунзе, "Илим", 1977.
2. Инструкции по проектированию оросительных систем, ч.УШ. Дренаж на орошаемых землях. ММВХ СССР, М., 1975.
3. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М., "Колос", 1978.
4. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. М., "Колос", 1978.
5. Нерозин А.Е. Сельскохозяйственные мелиорации. Ташкент, "Укитувчи", 1980.
6. Алимов М.С. Опыт и методика оценки элементов баланса грунтовых вод орошаемых территорий Узбекистана. Ташкент, "Фан", 1979.
7. Бочевер Ф.М., Гармонов И.В., Лебедев А.В., Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов. М., "Наука", 1969.
8. Крылов М.М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана. Ташкент, "Фан", 1977.

В.Г.НАСОНОВ, канд. геол.-мин.наук

Ф.КАРАМОВ, инженер

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДЕБИТА СКВАЖИН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Производительность скважин является важнейшей характеристикой, определяющей конструкцию водоприемной части, параметры насосно-силового оборудования, количество скважин и технико-экономическую эффективность вертикального дренажа.

Хотя в настоящее время предложен целый ряд эффективных конструкций вертикального дренажа, прогрессивных способов бурения и освоения скважин, обеспечивающих высокие дебиты, получение количественных оценок для проектирования требует проведения большого объема экспериментальных работ.

Дебит скважин определяется целым комплексом факторов, объединяемых обычно под общим названием несовершенства по степени и характеру вскрытия пласта /7/. В настоящее время предложено большое количество аналитических зависимостей для учета того или иного вида несовершенства /1,7/. Однако использование их на практике встречает серьезные трудности как из-за невозможности установления исходных параметров для расчета, так и недостаточного учета ряда неконтролируемых факторов: фильтрационной микронеоднородности пласта по вертикали и в плане, способа и режима бурения, метода освоения, внутрискважинной гидравлики и т.д.

Согласно /1,7/, несовершенство скважины ξ можно представить в виде суммы отдельных составляющих:

$$\xi = \xi_0 + \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4, \quad (1)$$

где ξ_0 - сопротивление по степени вскрытия пласта, обусловленное длиной и положением фильтра в водоносном пласте;

ξ_1 - сопротивление стенок фильтра, зависящее от скважности фильтра, толщины стенок, геометрии перфорации, структуры окружающей породы и т.п.;

ξ_2 - сопротивление, обусловленное толщиной, проницаемостью

фильтровой обсыпки, степенью деформации призабойной зоны скважины и последующим освоением скважины;

ζ_3 - сопротивление, обусловленное нелинейным режимом фильтрации /1/ в призабойной зоне;

ζ_4 - сопротивление внутри фильтра и водоподъемного оборудования.

Для определения ζ_0 предложено достаточно много расчетных зависимостей, таблиц и графиков, основанных на представлении фильтра моделью линейного источника-стока с равномерным распределением его интенсивности по длине. Поскольку на практике напор оказывается неравномерным по длине фильтра, для получения расчетного напора приходится прибегать к различным условным приемам.

Одна группа исследователей поверхность реального фильтра заменяет эквипотенциальной поверхностью линейного источника /1,2,7,10/, другие авторы предлагают проводить эквипотенциальную поверхность линейного источника на расстоянии $\frac{l}{8}$ от конца фильтра /13/.

В последнее время получил широкое распространение прием, осредняющий понижение на поверхности фильтра /2/.

В пласте бесконечной мощности определение несовершенства становится еще менее определенным. Даже простое сопоставление имеющихся зависимостей указывает на существование определенных различий при расчете ζ_0 по разным формулам.

Решение в строгой гидромеханической постановке, когда на фильтре задается постоянный напор, соответствующий уровню воды в несовершенной скважине, встречает серьезные трудности математического характера, тем более, что и эта постановка оказывается слабо приближенной к действительности. Для более точной постановки задачи необходимо рассматривать совместно движение воды внутри скважины и в пласте.

Если же учесть фактически наблюдаемую неравномерность притока воды по вертикали к фильтру, определяющуюся практически неконтролируемыми факторами, то возможность учета несовершенства скважины по степени вскрытия аналитическими методами становится сомнительной.

Сопротивление ζ_1 , обусловленное скважностью фильтра, обычно рекомендуется находить по следующей формуле /8/ или ее

модификациям:

$$\xi_1 = \frac{\delta M}{\eta_1 \eta_2 z_0 \ell} \quad (2)$$

где δ — толщина стенок фильтра;

η_1 — скважность фильтра;

η_2 — коэффициент концентрации струи, который должен быть определен экспериментально, так как он зависит не только от формы и частоты отверстий, но и структуры окружающего грунта.

Сопротивление ξ_2 , обусловленное гравийной обсыпкой и деформацией призабойной зоны, находят по формуле [8, 11, 12]

$$\xi_2 = \left(\frac{K}{K_1} - 1 \right) \ln \frac{R'}{r_0} \quad (3)$$

где K, K_1 — коэффициенты фильтрации гравийной обсыпки и призабойной зоны;

R' — радиус призабойной зоны.

Параметры R' и $K'/2$ рекомендуется находить по выражениям

$$R' = \sqrt{\frac{Q_0 t}{\pi M \alpha} + r_0^2} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{\psi - m_0 (C_2 - C_1)}{C_2 - C_1} \quad (5)$$

$$K' = K \frac{(1-m)^2 (m \pm \psi)^3}{m^3 (1-m \pm \psi)^2} \quad (6)$$

+ при $K' > K$ и - при $K' < K$,

где C_1, C_2 — концентрация взвешенных веществ в воде, соответственно, в прискважинной зоне и в пласте;

m_0 — пористость породы пласта;

ψ — удельный объем вымытых при суффозии частиц породы.

Сопротивление ξ_3 , обусловленное отклонением от линейного закона фильтрации [1], определяется по формулам

$$\xi_3 = \frac{0,366 \psi Q_1 (\psi - 1)}{k m \Delta S_1} \ln^2 \frac{r_2}{r_1} \quad (7)$$

$$\varphi = \frac{1 - \frac{Q_1}{Q_2}}{1 - \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \left(\frac{\Delta S_2}{\Delta S_1}\right)^2}, \quad (8)$$

где ΔS_1 — разность понижений в центральной и наблюдательной скважине, расположенной на расстоянии z , при дебите Q_1 ;

ΔS_2 — то же, при дебите скважины Q_2 .

Существуют другие расчетные зависимости для определения дополнительных сопротивлений [4], однако использование их на практике более сложно, чем приведенная формула.

Сопротивление ξ_4 ствола трубы скважины рекомендуется находить по формуле

$$\xi_4 = \frac{64 \kappa m Q}{\pi C^2} \left(0,2 \frac{l_\phi}{d_\phi^5} + \frac{l_n}{d_n^5} \right), \quad (9)$$

где d_ϕ и d_n — диаметры фильтра и насосных труб;

l_ϕ и l_n — длины фильтра и колонны насосных труб.

До настоящего времени не найдены зависимости по учету влияния способа и режима бурения, длительности и режима освоения на производительность скважин.

Нетрудно увидеть, что для расчета практически всех составляющих несовершенства необходимы экспериментальные параметры, что затрудняет использование этих формул для определения производительности скважин. Поэтому на практике при проектировании вертикального дренажа расход скважины обычно определяют из удельных дебитов, полученных либо по данным опытно-фильтрационных опробований, либо по водопроводимости. Хотя оба приема имеют под собой определенную методическую основу, серьезные обобщения и рекомендации до сих пор отсутствуют, что часто обуславливает недостаточное, а иногда просто недостоверное обоснование дебита скважин, принятого в проекте. Более того, анализ технических проектов вертикального дренажа показывает, что в гидрогеологическом обосновании проектов отсутствуют рекомендации по дебитам скважин.

Таким образом, существенный интерес представляет разработка рекомендаций по определению производительности скважин на основе удельных дебитов, полученных по данным опытно-фильтраци-

Сводная характеристика

Регион или система вер- тикального дренажа	Литология водоносного гори- зонта или проводимость	Проводи- мость м ² /сут max
Голодная степь	Пески мелкозернистые	
К-з им. Ленина		500
С-з "Джетысай"	Пески мелко- и среднезер- нистые с гравием	1400
(отд. Амангельды)		
С-з "Социализм"	Пески средне- и крупнозер- нистые с гравием	1500
	Пески мелко- и среднезер- нистые (разнозернистые)	1200
С-з "Пахтаарал"	Пески мелко- и среднезер- нистые	1200
С-з № 4	Пески тонко- и мелкозер- нистые	250
С-з № 5		100
С-з № 6		
Дальверзинская степь	Галечниково-гравийные от- ложения конусов выноса с песчано-суглинистым запол- нителем	500 1000 3000
С-з "Дальверзин № I"	Галечниково-гравийные от- ложения с песчано-сугли- нистым заполнителем	1000 3000
Джизакская степь	Галечниково-гравийные, пес- чаные отложения конусов вы- носа с песчано-суглинистым заполнителем	500
Арысь-Туркестанский массив	Галечниково-гравийные, пес- чаные отложения с песчано- суглинистым заполнителем	200 500 1000 2000

Т а б л и ц а I

удельного дебита

Проводи- мость $\frac{м^2}{сут}$ min		Статистическая характеристика удельного дебита q , л/с		
		закон распре- деления	среднее зна- чение q , л/с	среднеквадра- т. отклонен.: коэффициент вариации, %
300	Нормальный	4,02	0,44	10,9
1000	Нормальный	8,04	1,45	18,03
1300	Нормальный	11,7	2,47	21,1
1000	Нормальный	6,1	1,3	21,3
1000	Нормальный	6,31	1,07	16,9
100	Нормальный	1,33	1,17	87,9
50		0,62	1,25	200
		0,21	0,76	361
170	Нормальный	1,9	0,57	30,0
800		6,9	1,02	14,8
1000		14,1	9,1	64,5
750	Нормальный	10	3,45	34,5
1000				
150	Нормальный	1,66	2,37	143
150	Нормальный	0,59	0,209	35,5
100		2,45	0,245	10,0
500		7,66	1,43	18,6
1000		15,4	1,16	7,53

онных опробований (ОБО) и их связи с водопроницаемостью.

Для характеристики изменчивости водозахватной способности скважин вертикального дренажа в зависимости от литолого-гидрогеологических условий, способов бурения и освоения, конструкции скважины и типа фильтра авторами данной работы проанализированы значения удельных дебитов по материалам изысканий под вертикальный дренаж и действующим скважинам вертикального дренажа в различных природно-мелиоративных условиях. По каждому региону определялся закон распределения, устанавливались коэффициент вариации и средние значения удельного дебита.

Некоторые итоговые результаты расчета приведены в табл. I.

Аналізу подвергались результаты фильтрационных опробований как по одиночным, так и кустовым откачкам в количестве 200 штук. В региональном плане они расположены в предгорных конусах выноса Дальверзинской, Джизакской степей УзССР и ТаджССР, на Арысь-Туркестанском массиве КазССР и аллювиальной равнине Голодной степи УзССР (табл. I).

Установлено, что распределение удельного дебита не противоречит нормальному закону распределения. Среднеквадратичное отклонение удельного дебита изменяется от 0,2 до 9,1, находясь в тесной связи с литологическим строением и проводимостью пласта.

В однородных толщах большой проводимости степень изменчивости весьма слабая, напротив, для пролювиальных равнин, представленных щебнисто-песчаными отложениями, среднеквадратичное отклонение очень велико.

По величине коэффициента вариации можно выделить основные типы литологических разностей водовмещающих пород, характеризующихся различной степенью колебания удельных дебитов (табл. 2).

Таким образом, величина удельного дебита может и должна рассматриваться как случайная величина. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании, применяя известные приемы и методы статистических оценок.

Однако получение расчетных значений удельных дебитов для проектирования существенно осложняется зависимостью удельного дебита от водопроницаемости, причем, эта зависимость носит в силу целого ряда причин, не поддающихся количественному учету, стохастический характер.

Т а б л и ц а 2

Литологическое строение водо- носного пласта	Коэффициент вариации	Степень измен- чивости удельн. дебита
Пески разнотернистые с гравием и галькой. Гравийно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем (аллювиальные надпойменные равни- ны и высокие террасы речных долин)	0,2	Весьма слабая
Пески разнотернистые с линзами суглинков и примесью глинистых фракций. Гравийно-галечниковые от- ложения с песчано-суглинистым за- полнителем (аллювиальные равнины и надпойменные террасы речных долин)	0,3	Слабая
Пески разнотернистые со значитель- ным содержанием глинистых фракций. Галечниково-гравийные отложения пролювиальных равнин с суглини- стым заполнителем	0,4	Средняя
Щебнисто-дресвяно-песчаные пере- слаивающиеся отложения пролюви- ального и делювиального проис- хождения с суглинистым заполните- лем	0,2-0,5	Сильная

На рис. I и 2 приведены графики связи удельного дебита q и водопроводимости T . При определении коэффициента корреляции между удельным дебитом и проводимостью при нормировании по $\max$ для различных районов получено его высокое значение.

Проверка по критерию

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (10)$$

при числе степеней свободы $n-2$ показала, что коэффициент корреляции существен при 1%-ном уровне значимости.

В существующей научно-методической литературе [3,5] для ориентировочного определения водопроводимости рекомендуется зависимость водопроводимости от удельного дебита, которая выражается уравнением $T = \alpha q$, где α - коэффициент, равный $1,55 \pm 2$.

Согласно приведенным нами данным, удельный дебит также находится в прямолинейной зависимости от водопроводимости, но

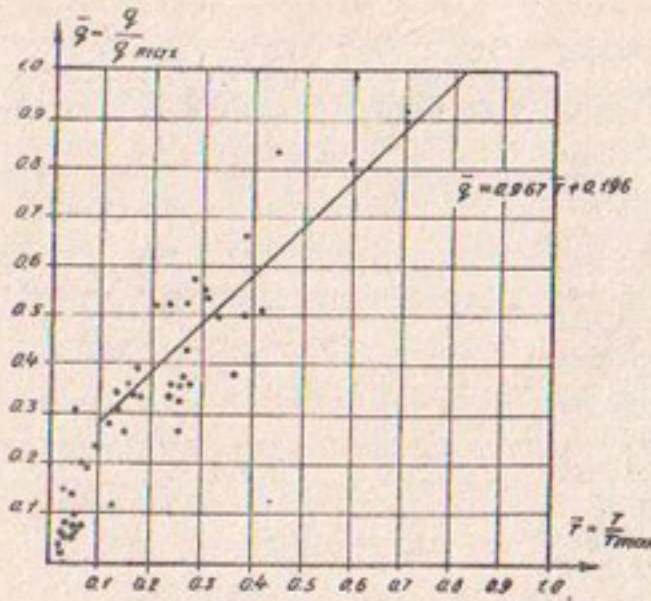


Рис.1. График зависимости $\bar{q}$ от $\bar{T}$ при нормировании по максимуму $\bar{q} = f(\bar{T})$ (Дальверзин).

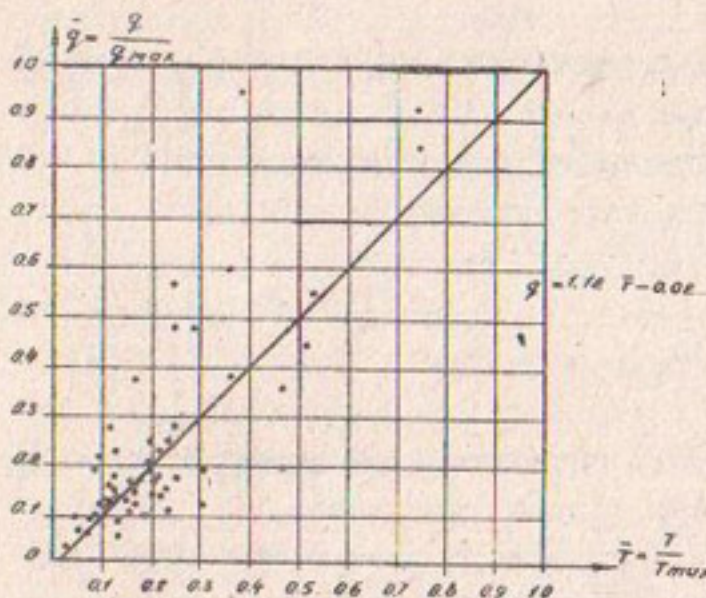


Рис.2. График зависимости $\bar{q}$ от $\bar{T}$ при нормировании по максимуму $\bar{q} = f(\bar{T})$ (Арысь-Туркестан).

связь эта стохастическая и описывается уравнениями регрессии:

$$\bar{q} = 1,12 \bar{T} - 0,02 \quad (I2)$$

$$\bar{q} = 0,967 \bar{T} + 0,196 \quad (I3)$$

Следовательно, широко применяемую в проектных институтах зависимость $q = \bar{T}$ для назначения дебита скважин вертикального дренажа нельзя считать правильной.

В связи со сказанным возникает задача получения расчетного значения удельного дебита (для создания разумного "запаса прочности") в зависимости от известного значения водопроводимости. Для решения этой задачи целесообразно воспользоваться условными вероятностными кривыми, которые широко применяются в гидрологии и метеорологии для исследования двух и более случайных величин, находящихся в статистической связи [6].

Применение условных вероятностных кривых обеспеченности $P(q, T)$, выражающих одновременную вероятность превышения

$$P(q, T) = \text{вер} \left\{ \begin{array}{l} q > q' \text{ при} \\ T > T' \end{array} \right. , \quad (I4)$$

на практике сводится к следующему:

- 1 - определение статистической связи между исследуемыми величинами;
- 2 - нахождение параметров условных кривых обеспеченности;
- 3 - построение условных и безусловных кривых обеспеченности.

Параметры условных кривых обеспеченности находятся следующим образом. Уравнение регрессии отражает связь условных средних значений удельного дебита с фиксированными значениями водопроницаемости. Поэтому условные средние значения дебита определяются по уравнению регрессии или снимаются с графика связи (см. рис.1,2).

Условное стандартное отклонение $\sigma_{\bar{q}}$ находится по зависимости

$$\sigma_{\bar{q}} = \sigma_q \sqrt{1 - r^2}, \quad (15)$$

здесь σ_q - безусловное стандартное отклонение удельного дебита.

Коэффициент вариации для условных кривых обеспеченности находится, как обычно, путем деления условного стандартного отклонения на среднее значение статистического ряда; коэффициент C_s принят равным 0. Определение параметров $\bar{q}$, C_v и C_s позволило построить условные кривые обеспеченности, используя таблицы /6/. Полученные таким путем графики условных и безусловных кривых обеспеченности удельного дебита, нормированные по T_{max} , при заданном значении водопроницаемости приведены на рис.3,4.

Для того, чтобы найти значение удельного дебита в абсолютных величинах, необходимо умножить его значение, снятое с кривой, на максимальное (табл.3).

Приведем пример использования условных кривых обеспеченности при получении расчетного значения удельного дебита для фиксированной водопроницаемости заданной обеспеченности; требуется найти удельный дебит $\bar{q}$ 70%-ной обеспеченности при водопроницаемости водоносного горизонта $T = 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$; по табл.3 для Арнь-Туркестанского массива $T_{max} = 3200 \text{ м}^2/\text{сут}$, $1000 \text{ м}^2/\text{сут}$ соответствует условной кривой обеспеченности $T_{0,3}$. Снимая показатели удельного дебита 70%-ной обеспеченности с кривой $T_{0,3}$, получим значение удельного дебита 0,29.

Т а б л и ц а 3

Регион	:Кол-во :членов :ряда	: q , л/с		: σ_q	: T , м ² /сут	
		: max	: σ_q		: max	: σ_T
Дальверзинская степь	60	20	2,04	0,102	5000	7,69
Арысь-Туркестан- ский массив	75	16	1,05	0,066	3200	6,70

Поскольку $q_{max} = 16$ л/с, то удельный дебит 70%-ной обеспеченности при проводимости $1000 \text{ м}^2/\text{сут}$ составит не менее 4,7 л/с.

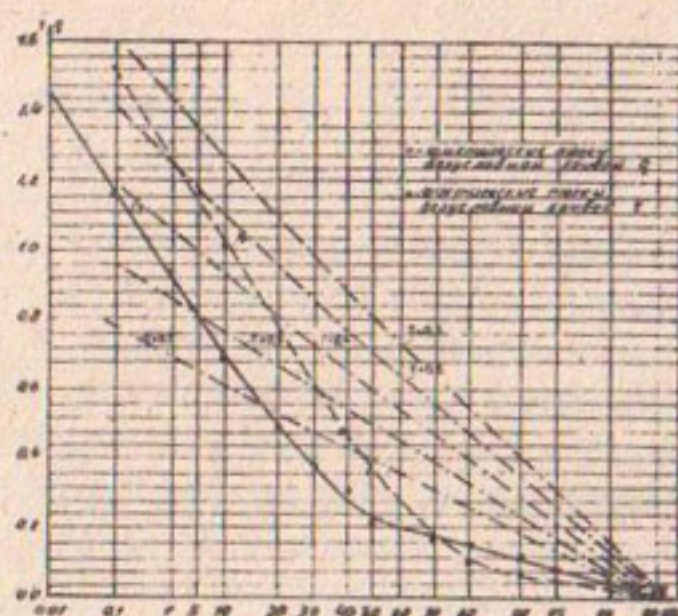


Рис.3. Безусловные (T, q) и условные (σ_q, q) кривые обеспеченности удельного дебита заданной проводимости при нормировании по максимуму (Дальверзинская степь).

Для практики проектирования вертикального дренажа характерна другая задача. Обычно в точке заложения скважины известно только вероятное значение водопроводимости. В связи с этим возникает задача оценки значения удельного дебита заданной обеспеченности по определенной обеспеченности водопроводимости.

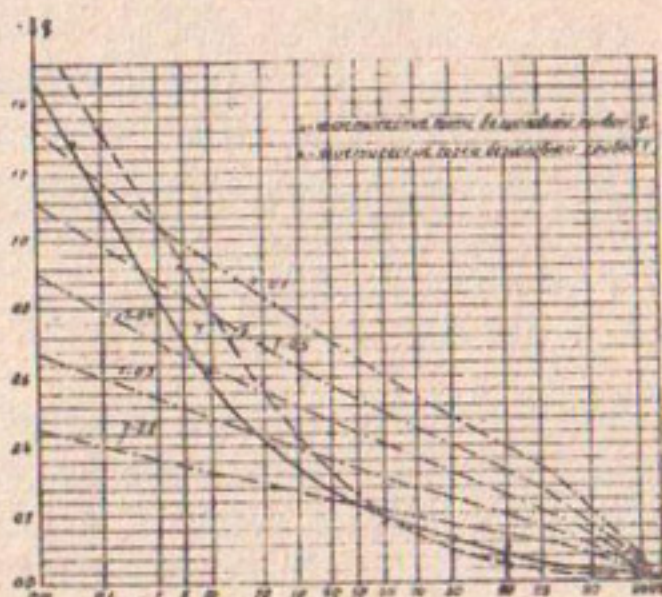


Рис.4. Безусловные (T, q) и условные (T_{q2}, T_{q3}) кривые обеспеченности удельного дебита заданной проводимости при нормировании по максимуму (Арысь-Туркестан).

Поэтому возникает необходимость в построении дополнительной безусловной кривой обеспеченности водопроницаемости (см. рис. 3,4), по которой вычисляется заданная обеспеченность и далее по условным кривым снимается соответствующий заданной вероятности удельный дебит.

Приведем пример: требуется найти удельный дебит 50%-ной обеспеченности в Дальверзинской степи при водопроницаемости пласта 60%-ной обеспеченности. Решение: величину водопроницаемости находим по безусловной кривой T . При 60% (рис.3) она равна 0,2. По условной кривой $T_{0,2}$ (рис.3) находим значение 0,36 при $T_{0,2}$ и, умножая его на максимальный удельный дебит 20 л/с, получим ожидаемый удельный дебит не ниже 7,2 л/с.

Л и т е р а т у р а

1. В е р и г и н Н.Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962.
2. В е р и г и н Н.Н. Кольматаж призабойной зоны скважины. ПМТФ, 1964, № 2.

3. Гринбаум И.И. Расходомерия гидрогеологических и инженерно-геологических скважин. М., "Недра", 1975.
4. Ентов В.М. Об исследовании скважин на нестационарный приток при нелинейном законе фильтрации. М., Изв. АН СССР. "Механика и машиностроение", 1964, № 6.
5. Зеленгин И.В. Об оценке водопроводимости по величине удельных дебитов скважин. Изв. вузов, серия "Геология и разведка", 1969, № 9.
6. Кузник И.А. и др. Гидрология и гидрометрия. М., "Колос", 1968.
7. Хейн А.А. Теория линейного притока жидкости и газа к скважинам, несовершенным по характеру и степени вскрытия пласта. Труды ВНИИгаз, 1953.
8. Шелкачев В.Н. Разработка нефтеводоносных пластов при упругом режиме. М., Гостоптехиздат, 1959.
9. Щуров В.И. Влияние перфорации на приток жидкости из пласта в скважину. Труды совещания по развитию научно-исследовательских работ в области вторичных методов добычи нефти. Баку, Изд-во АН АзербССР, 1953.
10. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. Изд-во МГУ, 1965.
11. Van Everdingen A.E. *The skin-effect and its influence on the productive capacity of Well.*
Trans AIME, 1953 v. 198 p 171-176.
12. Hurst W. *Establishment of the skin-effect and its impediment to fluid flow into a well bore.*
Petrol. Engr. 1953 v. 25 n 11 p 86-816.
13. Muskat M. *The effect of casing perforations on well productivity*
Trans. AIME. 1943 v. 151 p 612-617.

А.У.УСМАНОВ, канд. с.-х. наук

Т.У.БЕКМУРАТОВ, инженер

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД, ОТКАЧИВАЕМЫХ СКВАЖИНАМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА, НА ОРОШЕНИЕ СТАРООРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

В последние годы в республиках Средней Азии в целях регулирования водно-солевого режима орошаемых земель и получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур широко внедряются системы скважин вертикального дренажа. Одним из основных регионов, где вертикальный дренаж получил наиболее широкое распространение, является Ферганская долина. Только в трех областях (Ферганской, Андижанской и Наманганской) Ферганской долины к 1979 г. построены и находятся в постоянной эксплуатации 513 скважин вертикального дренажа. Кроме того, для покрытия дефицита в оросительной воде построена 1721 скважина "на воду".

Дебит отдельных скважин вертикального дренажа колеблется: в Ферганской области - 30-70, Андижанской - 20-60 и Наманганской - 30-55 л/с, а дебит скважин "на воду" во всех трех областях изменяется от 10 до 80 л/с.

Минерализация откачиваемых вод из скважин вертикального дренажа составляет 0,6-3,0 г/л, а из скважин "на воду" - 0,5-1,5 г/л.

Наибольшее распространение вертикальный дренаж имеет в Ферганской области, где он расположен в виде отдельных крупных систем. Из 398 скважин 271 (69 %) находится на территории четырех районов: Кувинском - 125, Ташлакском - 52, Багдадском - 49 и Кировском - 45.

Среднегодовые величины коэффициента работы четырех систем за 1976-1978 гг. находятся в пределах 0,60-0,67, среднее значение за вегетацию - 0,79-0,80. При этом получен суммарный среднегодовой расход со всех скважин вертикального дренажа 5,94-7,06 м³/с, а средний за вегетацию - 7,69-8,43 м³/с. Объем откачиваемых вод составлял: в 1976 г. - 197,74, в 1977 г. - 190,46 и в 1978 г. - 222,49 млн.м³. На период вегетации прихо-

дится 131,55 млн.м³ (66,52 % от годового объема откачек), 121,59 (63,84 %) и 133,29 млн.м³ (60 %), соответственно по годам.

В области за рассматриваемый период (1976-1978 гг.) эксплуатировались от 301 до 398 скважин вертикального дренажа. Объем подземных вод при этом составил 236,74-324,85 млн.м³. Кроме того, в постоянной эксплуатации находились 753-821 скважины "на воду", со среднегодовым коэффициентом работы 0,3-0,35. Объем откачиваемых этими скважинами вод достигал 340-396 млн.м³ в год.

По данным ММВХ УзССР, в отдельные маловодные годы (1975-1976 гг.) в Ферганской области из общего объема откачиваемых вод вертикальным дренажем используются на орошение до 50-68%, а из откачиваемых вод скважинами "на воду" - 85-95%. Значительное количество этой воды используется на месте их формирования как в чистом виде, так и в смеси с поверхностной водой.

В перспективе количество скважин возрастет, следовательно, увеличится и объем откачиваемых вод. В связи с этим назрела необходимость обоснования объемов и состава мелиоративных мероприятий, направленных на борьбу с отрицательными последствиями использования минерализованной воды на орошение сельскохозяйственных культур с учетом почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий территории.

Одним из основных условий использования минерализованных вод является создание промывного режима орошения. Этот вопрос в различной детальности рассмотрен в работах В.А.Ковды, В.В.Егорова, Д.М.Каца, И.С.Рабочева, Н.М.Решеткиной, Н.Г.Минашиной, Х.А.Ахмедова, Х.И.Якубова, Л.Л.Корелиса и др.

Анализ имеющихся рекомендаций показывает, что авторы рассматривали различные условия увлажнения почвогрунтов или водопотребления растений, поэтому и величина промывной доли, приводимая ими, колеблется в значительных пределах.

Опираясь на данные наших исследований, отметим, что величина промывной доли оросительной воды зависит от природно-хозяйственных, почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий данной территории. Нами этот вопрос изучался для случая использования на орошение сельскохозяйственных культур минерализованной воды. Причем, была сделана попытка установления величины

превышения оросительной нормы при поливе водой с различной минерализацией в сравнении с поливом пресной оросительной водой.

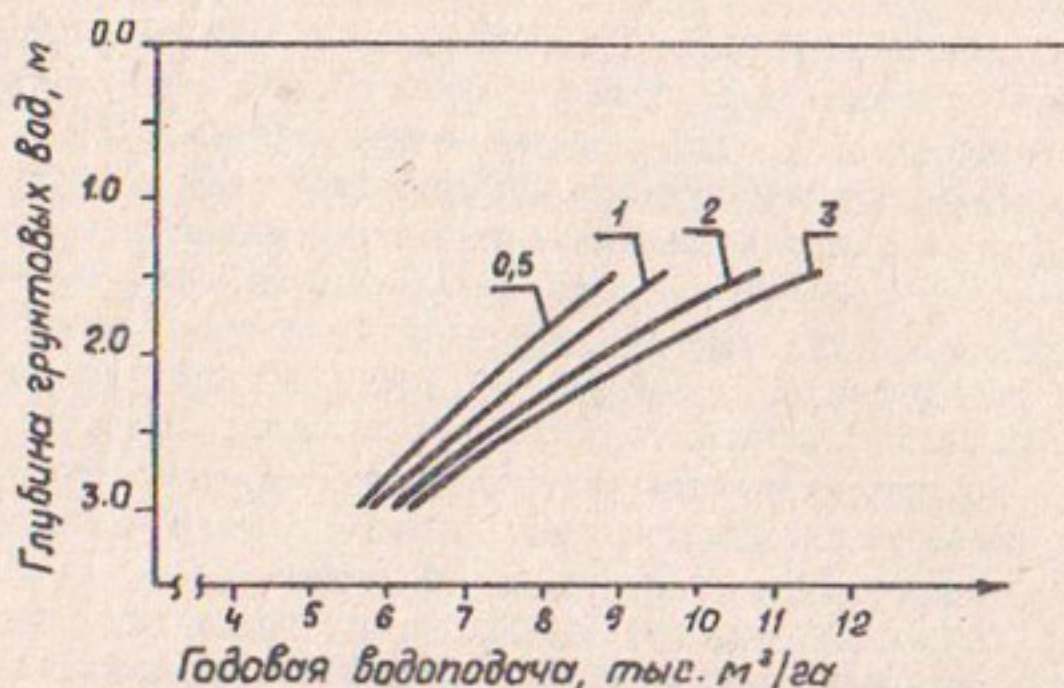
Натурные опыты по использованию минерализованных вод на орошение проводились на опытно-производственном участке вертикального дренажа в Кировском районе Ферганской области.

Почвы участка старосорошаемые, некольматированные, средне-мощные, среднекультуренные, по механическому составу сверху (0–30 см) супесчаные, ниже (30–200 см) – легкие и средние суглинки с прослоями тонкоиловатого тяжелого суглинка. Почвы опреснены до порога токсичности солей. Степень засоления почвогрунтов в метровом слое по иону хлора равна 0,01–0,015%, по плотному остатку – 0,6–0,8% к весу сухой почвы.

Для расчета величины оросительной нормы при поливах водой с различной минерализацией в эксплуатационный период приняты зависимости, полученные в САНИИРИ на основании решений уравнения физико-химической гидродинамики [10]. Все необходимые параметры для решения математической модели определялись на основе опытных данных. Расчет производился на ЭВМ БЭСМ-4М. В результате установлены необходимые объемы оросительной воды для поддержания благоприятного мелиоративного фона (существующего солевого режима почвогрунтов) при различной глубине залегания грунтовых вод, а также минерализации оросительной воды (таблица и рисунок). При этом глубина грунтовых вод задавалась в увязке с режимом водоподачи и работы дренажа.

Из таблицы видно, что при поливе водой с минерализацией 0,5 г/л (пресная вода) для поддержания заданного солевого режима необходима водоподача 5630–8890 м³/га в зависимости от глубины грунтовых вод. По мере роста минерализации оросительной воды объем необходимой водоподачи растет и достигает 6270–11530 м³/га. Величина превышения оросительной нормы составляет 11,4% при среднегодовой глубине грунтовых вод 3,0 м и 29,6% при среднегодовой глубине 1,5 м, по сравнению с нормой водоподачи при поливе пресной водой. Таким образом, для успешного использования минерализованных вод при прочих равных условиях необходимо увеличить норму водоподачи или понизить уровень грунтовых вод. При этом потребуются повысить дренированность территорий.

Достоверность полученных расчетных величин водоподачи оценивалась путем сопоставления данных опытно-производственных ис-



Изменение величины годовой нормы водоподдачи при поливе водой различной минерализации:

0,5; 1; 2; 3 – минерализация оросительной воды, г/л.

следований и литературных источников.

Согласно гидромодульному районированию СоюзНИИ /11/, оросительная норма для покрытия биологической потребности растений на один комплексный гектар для условий опытно-производственного участка вертикального дренажа (Ц-П-А "б" и "а" IV и V гидромодульные районы, глубина грунтовых вод в пределах 2–3 м), при составе сельхозкультур: хлопчатник – 65% от общей посевной площади, люцерна – 12%, кукуруза и джугара – 2,5%, приусадебные площади прочих культур – 20,5% равна 6800–7130 м³/га. При этом автор отмечает, что приняты более высокие показатели водоподдачи по сравнению с данными, установленными опытным путем.

По рекомендациям "Средазгипроводхлопка" /12/, расчетная оросительная норма за вегетацию для существующего состава культур составляет 5400–6300 м³/га (нетто), а с учетом осенне-зимних эксплуатационных промывок – 1930–2525 м³/га, годовая водоподдача достигает 7330–8825 м³/га.

Фактическая оросительная норма на один комплексный гектар на опытно-производственном участке за период вегетации

Т а б л и ц а

Необходимые объемы оросительной воды ($\text{м}^3/\text{га}$) для поддержания существующего солевого режима почвогрунтов в условиях опытно-производственного участка вертикального дренажа Кировского района Ферганской области

Глубина грунтовых вод, м				Минерализация поливных вод, г/л				
средне-: средняя за				Показатели	0,5	1,0	2,0	3,0
: (IV-VI) : (VII-IX) : (X-XI) : (XII-I)								
1,50	1,60	1,40	Годовая водоподача,	8890 100	9480	10720	11530	
			в том числе:					
			норма промывного режима орошения		590 6,6	1830 20,5	2640 29,6	
			Водоподача,	7910 100	8280	9110	9670	
1,90	1,95	1,85	в том числе:					
			норма промывного режима орошения		370 4,7	1200 15,2	1760 22,2	
			Водоподача,	6780 100	7080	7600	7890	
2,45	2,48	2,42	в том числе:					
			норма промывного режима орошения		300 4,4	820 12,1	1110 16,4	
			Водоподача,	5630 100	5790	6090	6270	
3,0	3,07	2,93	в том числе:					
			норма промывного режима орошения		160 2,84	460 8,2	640 11,4	

Примечание. В числителе водоподача дана в $\text{м}^3/\text{га}$; в знаменателе — превышение нормы (%) относительно норм водоподачи при поливе пресной водой.

(1970–1975 гг.) колебалась в пределах 5890–6410 м³/га (нетто), в осенне-зимний период – 1050–1880 м³/га. При этом среднегодовая глубина грунтовых вод изменялась от 2,40 до 2,50 м от поверхности земли.

Оросительные и промывные нормы в проведенных опытах по использованию минерализованной воды (2,50–2,80 г/л) на орошение поддерживались на уровне фактически осуществляемых в хозяйстве. Осенне-зимние эксплуатационные промывки проводились пресной водой.

Расчетная величина годовой водоподачи при среднегодовой глубине грунтовых вод 2,45 м и минерализации оросительной воды 0,5 г/л на 12% меньше фактической водоподачи на участке и на 3,0–19,2% меньше водоподачи, рекомендуемой СоюзНИИ и Средазгипроводхлопком. Необходимая величина годовой оросительной нормы при поливе водой с минерализацией 3,0 г/л на 4% выше фактически поданной водоподачи на комплексный гектар на опытно-производственном участке. Тем не менее при использовании откачиваемых вод (с минерализацией 2,50–2,80 г/л) в период проведения исследований (1972–1973 гг.) на опытной делянке площадью 2 га солевой режим почвогрунтов поддерживался на благоприятном уровне.

Таким образом, анализ изложенного выше позволяет сделать следующие выводы.

1. На опресненных землях со средним механическим составом почвогрунтов для поддержания существующего солевого режима при поливе пресной поверхностной водой (0,5–0,7 г/л) можно рекомендовать следующие нормы водоподачи: при среднегодовой глубине грунтовых вод 3,0 м – 5630 м³/га; при глубине – 2,45; 1,90 и 1,50 м – 6780, 7910 и 8890 м³/га в год соответственно. Эти нормы, очевидно, ниже фактических на 10–12%, что подтверждается исследованиями на опытном участке, когда при глубине грунтовой воды 2,30–2,50 м от поверхности земли и водоподаче 6700–7000 м³/га наблюдалось опреснение почвогрунтов.

2. В случае, когда минерализованная откачиваемая вода из скважин вертикального дренажа будет использована на полив сельскохозяйственных культур автономно, для недопущения вторичного засоления почвогрунтов при прочих равных условиях, нормы водоподачи необходимо увеличить относительно норм при поливе пресной водой на 8,2–

10,5% и II, 4-29,6% соответственно для минерализации поливной воды 2 и 3 г/л.

3. Результаты полевых опытов и расчетов доказано, что при фактически сложившихся мелиоративных режимах и нормах водоподдачи на опытно-производственном участке возможно использование откачиваемых вод с минерализацией до 3,0 г/л без дополнительных мелиоративных мероприятий.

Л и т е р а т у р а

1. А х м е д о в Х.А. Основные вопросы орошения и улучшения водопользования. Ташкент, "Узбекистан", 1973.
2. Б а р о н В.А., К у й б ы ш е в У.Б., П у ш к а р е в а З.П., Я к у б о в Х.И. К вопросу мелиорации земель северо-западной части Голодной степи на примере Кировского и Джетысайского районов. Труды САНИИРИ, вып. II2, Ташкент, 1967.
3. Е г о р о в В.В. Борьба с засолением земель и защита окружающей среды. "Гидротехника и мелиорация", 1975, № 7.
4. К а ц Д.М. Принципы регулирования режима и использования подземных вод для орошения. В кн.: "Некоторые вопросы развития мелиорации в СССР" (Материалы IX конгресса МКИД). М., "Колос", 1975.
5. К о в д а В.А. Основы теории и практики мелиорации и освоения засоленных почв аридной зоны. В кн.: "Проблема засоления почв и водных источников". М., Изд. АН СССР, 1960.
6. К о в д а В.А. Основы учения о почвах. М., "Наука", 1973.
7. М и н а ш и н а Н.Г. Об использовании минерализованных вод для орошения. "Гидротехника и мелиорация", 1972, № 3.
8. Р а б о ч е в И.С. Использование минерализованных вод для орошения и рассоления почв и основные направления дальнейших исследований. В кн.: "Использование минерализованных вод для орошения". М., "Колос", 1973.
9. Р е ш е т к и н а Н.М., С п и ц и н А.К., Ш у р а в и л и н А.В. Орошение хлопчатника дренажными водами

в совхозе "Пахтаарал". "Гидротехника и мелиорация", 1972, № 3.

10. Савельева Р.В., Белоусов О.М., Якубов Х.И. Расчет мелиоративных мероприятий для условий северной зоны КК АССР. В кн. "Некоторые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Амударьи". Нукус, "Каракалпакстан", 1978.
11. Чурляев А.Д. Ферганская область. В кн. "Режим орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР". Ташкент, "Узбекистан", 1971.
12. Шредер В.Р., Васильев И.К., Сафонов В.Ф., Паренчик Р.И. Расчет режима орошения сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. Ташкент, "Средазгипроводхлопок", 1967.
13. Якубов Х.И., Корелис Л.Л. Использование слабоминерализованных вод на промывку засоленных земель и полив сельхозкультур. М., "Колос", 1973.

А.РАМАЗАНОВ, канд. с.-х.наук

Б.Г.ОСТРОБРОД, канд.хим.наук

В.Д.ЛИМ, инженер

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ОБ ОСВОЕНИИ ТРУДНОМЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Ирригационно-мелиоративная практика последних лет в аридной зоне была связана преимущественно с землями аллювиальных равнин, отличающимися довольно высоким плодородием и хорошей естественной дренированностью. В настоящее время объектами нового освоения и орошения все чаще становятся засоленные земли с неблагоприятными водно-физическими и физико-химическими свойствами. Разнообразие почвенно-мелиоративных условий требует дифференцированного подхода к разработке комплекса мелиоративных мероприятий на данных почвах с применением новых видов химмелиорантов. При решении этого вопроса САНИИРИ исходит из

необходимости интенсивного дренирования и поэтапного углубления рассоления верхней метровой толщи — толщи активного водо- и солеобмена. В качестве мелиорантов, способствующих повышению эффективности промывных поливов и производительной способности почв, использованы промышленные отходы, удобрения как органического, так и минерального состава, культуры-освоители.

Одним из основных объектов освоения в настоящее время стала Джизакская степь. Несмотря на достигнутые успехи, сельскохозяйственное производство в этой зоне связано с рядом трудностей. Дело в том, что на значительной части освоенной и перспективного освоения территории распространены гипсоносные почвы, характерными особенностями которых являются:

- высокая загипсованность всего почвенного профиля: содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ составляет 20–60% от веса сухой почвы;
- наличие слабопроницаемых слоев: коэффициент фильтрации меньше 0,5 м/сут; коэффициент вертикальной фильтрации — 0,05–0,08 м/сут;
- неоднородность литологического строения и засоленность почвы;
- близкое залегание минерализованных грунтовых вод — 3,0–3,5 м при 30–40 г/л;
- низкое потенциальное плодородие и др.

Нами были обследованы различные участки Джизакской степи и на основе полученных материалов произведена группировка почв по промываемости. При этом установлено, что наилучшими условиями промываемости обладают сазовые сероземно-луговые гипсоносные почвы, площадь которых составляет более 60 тыс. га. Для разработки системы освоения этих земель в течение ряда лет проводились полевые и лабораторные исследования.

Опытно-производственный участок, построенный на территории совхоза № 4, представлен, в основном, сероземно-луговыми почвами в комплексе с солончаками. Исходное засоление метрового слоя — 0,12–0,40% по хлору или 450–500 т/га. Содержание гипса в слое 0–150 см — 20–60%. Грунтовые воды залегают на глубине 2,5–3,0 м, минерализация их очень высокая — 40–60 г/л. Наличие плотных гипсированных горизонтов определяет и слабую водопроницаемость: коэффициент фильтрации равен 0,17 м/сут.

Результаты наших исследований показали, что для серозем-

но-луговых солончаковых гипсоносных почв Джизакской степи наиболее целесообразна поэтапная система освоения, сочетающая приемы инженерной и биологической мелиорации.

На первом этапе в осенне-зимний период производится промывка по чекам нормой $10 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$, при этом наибольшая эффективность достигается дробной (по $2500 \text{ м}^3/\text{га}$) подачей воды с интервалами между тактами в 5-10 дней.

Для дальнейшей их мелиорации на втором этапе вводится биологический фактор — посев люцерны и хлопчатника. Основное назначение послепромывного периода — закрепление эффективности промывки, уточнение комплекса мелиоративных мероприятий, направленных на создание оптимального водно-солевого режима почвогрунтов и повышение плодородия.

За три года исследований в результате осуществления названной системы освоения произошло нарастающее из года в год опреснение как по степени, так и по глубине. Верхний метровый слой из категории сильнозасоленных по хлору перешел в категорию слабозасоленных (табл. I).

Т а б л и ц а I

Изменение засоления почв опытного участка по хлору за период освоения, %

Мощность слоя, см	Исходное (1971)	После про- мывки нор- мой 10 $\text{тыс. м}^3/\text{га}$ (1972)	Вегетационный период	
			1973 г.	1974 г.
0-25	0,23	0,029	0,024	0,020
0-50	0,27	0,046	0,023	0,022
0-100	0,26	0,080	0,028	0,028
100-200	0,22	0,195	0,120	0,070

Материалы по изучению водного режима гипсоносных почв показали, что поливные нормы не должны превышать $900-1000 \text{ м}^3/\text{га}$, а количество поливов должно быть не менее пяти. Внедрение хлопково-люцерновых севооборотов на землях с близким залеганием плотных гипсированных горизонтов является необходимым условием для их успешного освоения. Причем, хлопчатник, как основную сельскохозяйственную культуру, следует сеять после люцерны, как

минимум, двухлетнего стояния.

При промывках и орошении гумусно-глинистая масса верхних горизонтов легко диспергируется и начинает движение вниз, заполняя поры и микропустоты. Одновременно происходят растворение и миграция солей и гипса из верхних горизонтов в нижние. При этом в слабоводопроницаемых слоях многие активные капилляры закупориваются кристалликами гипса и солей, что является одной из главных причин ухудшения фильтрационных свойств почв в начальный период освоения. В ходе поэтапного освоения при постоянных токах концентрированных растворов и под влиянием жизнедеятельности культур-освоителей плотный гипсоносный горизонт начинает разрушаться. Однако этот процесс довольно длителен и сильнее выражен под люцерной трехлетнего стояния за счет биологического фактора.

В последние годы (1977-1979) исследования в Джизакской степи были направлены на разработку приемов повышения производительной способности гипсоносных почв, вышедших из-под капитальной промывки. Эти исследования проводились на опытно-производственном участке (ОПУ), расположенном в совхозе № 31 им. Х.Алиджана. На участке имеется закрытый горизонтальный дренаж. При освоении была проведена промывка нормой 15 тыс. м³/га. Опыты показали, что в качестве культур-освоителей наиболее целесообразно в первые 2-3 года возделывать люцерну под покровом ячменя. С третьего года эти земли можно отводить под посев хлопчатника. На ОПУ, учитывая большие атмосферные осадки в весенний период, оросительные нормы не превышали 3,6-4,2 тыс. м³/га при 3-4 вегетационных поливах. Несмотря на это, по существу, не было отмечено увеличения токоичных солей в активной толще выше допустимого предела.

Известно, что важнейшим резервом дальнейшего повышения производительной способности земли и, следовательно, урожайности возделываемых культур является интенсификация химизации земледелия. В качестве мелиорантов, способствующих повышению производительной способности почв, на ОПУ в совхозе № 31 были использованы многотоннажный отход гидролизной промышленности (лигния) и сложные полимерные удобрения, разработанные совместно с Чирчикским филиалом азотной промышленности.

В лигнине содержится 0,17-0,19% азота, 0,2-0,26% фосфо-

ра, 0,02% калия. Имеются также микроэлементы: железо — 3%, марганец — 0,1–0,4%, медь — 0,01–0,06%, цинк — около 0,3% и др. Содержащаяся в лигнине кислота (0,14–0,3%), взаимодействуя с карбонатами гипсоносных почв, выделяет большое количество углекислоты, способствующей разрушению плотных гипсированных прослоек.

Лигнин оказывает положительное влияние на водно-физические, агрохимические и микробиологические свойства гипсоносных почв. При его внесении уменьшается объемная масса почвы, увеличиваются порозность и водопроницаемость, усиливается микробиологическая активность, а также повышается температура почвы на 1,5–1,8°C, что особенно важно для хлопчатника при ранневесенних сроках сева.

Сложные полимерные удобрения (СПУ), являющиеся производными формалина, мочевины и аммофоса, содержат 25–27% азота и 19–23% фосфора. Мелиорирующие свойства этих удобрений заключаются в их способности к комплексообразованию и ионному обмену. Водорастворимая часть полимерных удобрений образует комплексы с основными токсичными солями почвы — хлоридами. Специальными лабораторными исследованиями доказано существование комплексов в системах $MgCl_2 + МФС$, $CaCl_2 + МФС$ и $NaCl + МФС$ (здесь МФС — мочевиноформальдегидные соединения). Процессы комплексообразования ведут к связыванию части токсичных солей в почве и снижению их отрицательного воздействия на растительные органы. Фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника показывают, что вариант с применением СПУ сопровождается усилением физиологических процессов и увеличением урожайности. Оказалось, что при внесении СПУ в почву снижается активность токсичных ионов натрия и хлора (определено методом ионометрии), что является весьма существенным фактором при первичном освоении подверженных засолению земель.

Сотрудниками лаборатории совместно с институтом "Среднегипроводхлопок" завершены исследования по разработке системы освоения солонцеватых почв, распространенных в Обручевском пониении Джизакской степи. Почвенный покров здесь представлен трехчленным комплексом, включающим солончаки, солонцеватые солончаковые почвы и слабосолонцеватые солончаковые полугидроморфные почвы.

Лугово-сероземные солонцеватые почвы формируются на выравненных и слегка пониженных участках. Поверхность этих почв разбита трещинами. Наблюдается значительное засоление двухметровой толщи с максимумом в слое 50–200 см. Характер засоления – сульфатный. В составе поглощенных оснований преобладает Na (до 60%) при очень низком содержании кальция (3–8%); pH явно щелочной – 8,5–9,3; гипса почти нет (0,5–2,0%). Грунтовые воды, залегающие на глубине около 6,5 м, имеют сравнительно слабую минерализацию – 4 г/л. Механический состав довольно тяжелый, преобладают тяжелые суглинки и глины. Коэффициент фильтрации очень низкий – 7–8 мм/час.

В результате исследований выявлено, что промывная норма 10 тыс. м³/га опресняет верхний метровый слой до порога токсичности. Наиболее эффективными химмелиорантами для солонцеватых почв Обручевского понижения являются гипс (8 т/га), вносимый совместно с навозом (50 т/га), отходы гидролизных заводов – лигнин (4 т/га) и биологический ил (2 т/га).

При применении указанного комплекса солонцеватые почвы участка довольно хорошо мелиорируются: улучшаются солевой режим и состав поглощенных катионов, понижается степень дисперсности солонцеватого слоя, уменьшается гидрофильность почвенных коллоидов, повышается водопроницаемость, увеличивается аэрация и т.д.

Сочетание приемов инженерной и биологической мелиорации (промывка + возделывание люцерны и хлопчатника) обеспечило повышение продуктивности хлопчатника (20 ц/га) и люцерны (160 ц/га) за счет опреснения и одновременного окультуривания данных почв.

Опыты по освоению приозерных отложений Хорезмского оазиса проводились на территории опытно-производственного хозяйства САНИИРИ. Почвы участка на глубину до 60–80 см сложены суглинистыми (средние и тяжелые), а ниже супесчаными разностями. До освоения эти земли относились к пухлым и корковым солончакам с содержанием солей в верхнем 0–10-сантиметровом слое 26–43% по плотному остатку и 7–21% по хлор-иону. Грунтовые воды с минерализацией 12–26 г/л в течение года залегают на глубине 50–200 см от поверхности земли. Опыты заложены на делянках размером 630–840 м² в 4-кратной повторности. Промывные поливы проводи-

лись в феврале-марте в первый год освоения нормой 10 тыс. м³/га, во второй и третий годы по 5000 м³/га. После промывки в качестве культур-освоителей высевались: хлопчатник с шириной междурядья 90 см, кукуруза, джугара и суданская трава, посеянные сплошным способом. За период вегетации на орошение возделываемых культур подано 4200–5070 м³/га воды при 5–6 вегетационных поливах.

Установлено, что при освоении этих земель в первые 2–3 года наиболее целесообразно после промывки возделывать такие сравнительно солеустойчивые культуры, как суданская трава и джугара. Орошение этих культур при наличии затеняющего почву растительного покрова способствует дальнейшему углублению процесса рассоления. Отметим, что на опыте помимо обычных (селитра, суперфосфат) использовались также сложные полимерные удобрения (M 250, P200). Применение этих удобрений способствовало значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

	Урожайность, ц/га			
	1976 г.	1977 г.	1978 г.	1979 г.
Хлопчатник	–	15,0	16,2	24,7
Суданская трава	36,9	428,5	913,3	–
Кукуруза	58,8	571,8	–	–
Джугара	58,8	432,0	874,2	–

В Ферганской области опыты проводились в совхозе "Пахтакор" Алтынаркского района. Основу почвенного покрова этого хозяйства составляют шоховые оероземно-луговые староорошаемые почвы с сильно выраженным процессом вторичного засоления. Характерной особенностью описываемых почв является наличие в почвенном профиле сцементированных слабоводопроницаемых карбонатно-гипсированных прослоек. Для повышения эффективности рассоления метровой толщи на опытном участке под промывку вносились навоз и лигнин. Промывка проводилась в осенне-зимний период затоплением чеков дробными нормами (1800–2200 м³/га) при общей промывной норме 5750–9750 м³/га.

Исследования показали, что при внесении навоза и лигнина под промывку существенно улучшаются водно-физические свойства описанных выше почв: заметно повышается степень рассоления и создаются благоприятные условия для роста и развития хлопчатника

(табл.2).

Т а б л и ц а 2

Интенсивность выноса солей и урожайность
хлопчатника

Варианты опыта	:Вынесено солей в % к:		Урожайность хлопчатника, ц/га
	: исходному	: плотного	
	: хлор- иона	: остатка	
Контроль	45	22	24
Навоз - 20 т/га	66	30	29
Лигнин - 20 т/га	60	27	26
Лигнин - 30 т/га	61	27	28
Лигнин - 40 т/га	72	33	30

Из приведенной таблицы видно, что повышение урожайности хлопчатника находится в прямой зависимости от интенсивности рассоления почвогрунтов.

Экономическая эффективность поэтапного комплексного освоения гипсоносных почв складывается из экономии 10 тыс.м³/га воды на промывку и сокращения мелиоративного периода, позволяющего получить дополнительный объем сельскохозяйственной продукции. Общий экономический эффект от внедрения этого метода составляет около 432 руб/га. Годовой экономический эффект от внедрения системы освоения с использованием СПУ на засоленных гипсоносных почвах с-за № 31 Джизакской области на площади 300 га - 147,73 руб/га. При освоении пухлых солончаков получен экономический эффект в размере по вариантам:

- хлопчатник по хлопчатнику - 178,3 руб/га;
- хлопчатник по 2-летней суданке - 331 руб/га;
- хлопчатник после кукурузы - 71,8 руб/га;
- хлопчатник после джугары - 162 руб/га.

С.М.ШМИДТ, инженер

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛАГОПЕРЕНОСА В ЗОНЕ АЭРАЦИИ НА ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ

В настоящее время установлено, что закономерности передвижения почвенной влаги и доступность ее растениям обусловлены термодинамическими (энергетическими) свойствами и, главным образом, потенциалом влаги и коэффициентом влагопроводности почвы /1,2/. В диапазоне активной влаги, в интервале от наименьшей влагоемкости (предельной полевой влагоемкости - ППВ) до влажности устойчивого завядания (ВЗ), равной двойной максимальной гигроскопичности почвы, подвижность влаги в значительной мере обусловлена капиллярно-сорбционными силами и может быть охарактеризована капиллярно-сорбционным потенциалом^{х)} влаги.

Сила капиллярного всасывания часто выражается в метрах водяного столба и обычно называется всасывающим давлением (-Р). В дальнейшем капиллярно-сорбционный потенциал мы будем называть потенциалом влажности почвы или всасывающим давлением.

В основу закона влагопереноса в ненасыщенной зоне положена гипотеза о том, что объемный единичный расход влаги пропорционален градиенту напора /3,4/

$$V = -K \frac{dH}{dz}, \quad (1)$$

где K - коэффициент влагопроводности, соответствующий коэффициенту фильтрации в насыщенной зоне;

H - напор, определяемый высотой точки над плоскостью сравнения и величиной всасывающего давления (-Р)

$$H = +P + Z. \quad (2)$$

С учетом (2) общее выражение для скорости фильтрации будет иметь вид

$$V = K \left(\frac{dP}{dz} - 1 \right). \quad (3)$$

^{х)} Под капиллярно-сорбционным потенциалом понимается работа, необходимая для извлечения из почвы единицы массы воды, удерживаемой капиллярно-сорбционными силами.

Процессы влагопереноса в почвогрунтах зоны аэрации исследовались на опытном участке совхоза I^а Сырдарьинской области (1977-1978 гг.). При этом изучались водно-физические свойства почвогрунтов и потенциалов влажности по всей глубине зоны аэрации.

Режим потенциалов влажности измерялся тензиометрами, установленными в характерных литологических разностях почвогрунтов, выделенных на основе водно-физических свойств: мехсостава, пористости, объемного веса и удельной поверхности почвы.

Датчики тензиометров были установлены на глубинах: 0,4 м; 0,65; 1,1; 1,5; 1,95; 2,35; 2,7; 2,8 и 2,9 м. На этих же глубинах ежедневно проводились замеры всасывающих давлений, влажность почвогрунтов измерялась термостатно-весовым способом. Наблюдение за динамикой грунтовых вод велось по двум створам скважин, расположенных перпендикулярно друг к другу.

За период вегетации было проведено три полива: первый - II.VI - 2456, второй - 20.VII - 2650 и третий - 10.VIII - 850 м³/га. Значения потенциалов влажности в зависимости от режима орошения и УТВ показаны в табл. I.

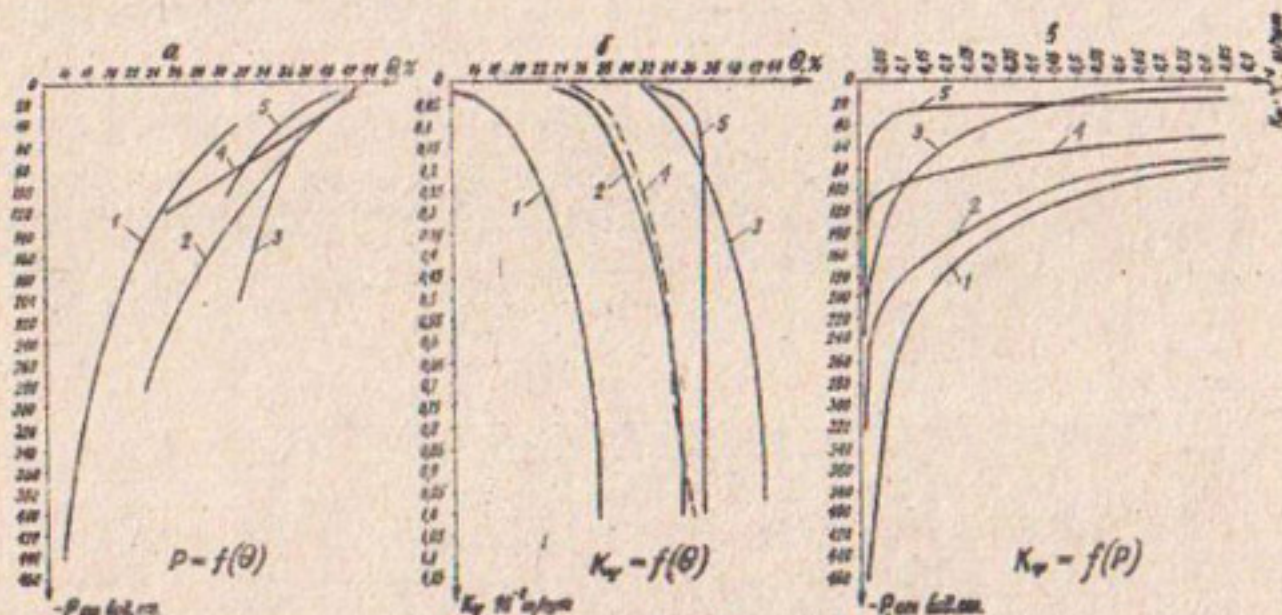
Т а б л и ц а I

Глубина за- лега- ния те- тензио- метров, м	Потенциалы влажности (всасывающее давление), в кПа								
	I полив			II полив			III полив		
	до	после	изме- нение Р	до	после	изме- нение Р	до	после	изме- нение Р
0,4	342	89	253	309	135	174	206	155	53
0,6	277	73	154	208	28	180	67	38	29
1,1	155	45	110	134	32	102	64	36	28
1,5	106	19	87	197	40	57	86	34	52
1,9	57	3	54	45	8	37	31	2	29
2,3	31	+52	83	7	+47	54	9	+41	50
2,7	+46	+83	+37	+31	+79	+48	+39	+84	+45
2,8	+75	+103	+28	+24	+77	+53	+63	+86	+23
2,9	+96	+120	+24	+60	+105	+45	+81	+106	+25
УТВ	2,29	2,03		2,33	2,06		2,32	2,27	

Положительные значения всасывающих давлений после полива обусловлены подъемом УГВ, вследствие чего датчики тензиометров попадают в зону насыщения. Из приведенных данных видно, что верхняя часть разреза зоны аэрации до глубины 0,65-1,1 м является наиболее динамичной зоной, в которой происходит интенсивное изменение потенциалов влажности и с увеличением глубины сдвигается во времени в сторону запаздывания.

Для того, чтобы количественно охарактеризовать расходы влаги в каждом слое, степень участия грунтовых вод в подпитывании корнеобитаемого слоя, инфильтрационное питание грунтовых вод на каждый момент времени, необходимо определить параметры состояния и переноса влаги в почвогрунтах. Параметры влагопереноса были определены по данным режимных наблюдений на опытном участке.

Зависимости всасывающего давления (P) от влажности (θ) определялись для каждой литологической разности по всей толще зоны аэрации (рисунок).



Основные гидрофизические характеристики почвогрунтов зоны аэрации по данным режимных наблюдений:

1 - супесь легкая, гл. зал. 0,4 м, объемн. вес $1,34 \text{ г/см}^3$; 2 - песок, гл. зал. 0,65 м, объемн. вес $1,35 \text{ г/см}^3$; 3 - суглинок легкий, гл. зал. 1,1 м, объемн. вес $1,39 \text{ г/см}^3$; 4 - суглинок средний, гл. зал. 1,5 м, объемн. вес $1,43 \text{ г/см}^3$; 5 - суглинок средний с прослойками супеси, гл. зал. 1,95 м, объемн. вес $1,43 \text{ г/см}^3$.

Зона ниже глубины 2,0 м не рассматривалась, так как весь вегетационный период ^{она} находилась под УГВ и являлась зоной полного насыщения.

Другим важным параметром, характеризующим влагоперенос в ненасыщенной почве, является коэффициент влагопереноса. Для ненасыщенных почвогрунтов в отличие от коэффициента фильтрации в условиях полного насыщения (ниже 2,0 м) этот параметр характеризуется тем, что с изменением всасывающего давления или влажности меняется и величина коэффициента влагопереноса. Поэтому, говоря о коэффициенте влагопереноса, необходимо знать соответствующее ему всасывающее давление и влажность почвы.

По полученным результатам режимных наблюдений за динамикой влажности почвогрунтов и всасывающих давлений, а также по графику зависимости $P = f(\theta)$ находились значения коэффициентов влагопереноса для зоны установившегося движения почвенной влаги. Расчет производился методом конечных разностей по формуле

$$K_v = \frac{\Delta \theta \cdot l}{\Delta t \cdot \left(\frac{H_1 - H_0}{l_1} - \frac{H_0 - H_2}{l_2} \right) \frac{1}{l_1 + l_2}}, \quad (4)$$

- где K_v — коэффициент влагопереноса, м/сут;
 $\Delta \theta$ — средневзвешенное изменение влажности за расчетный период времени в рассматриваемом блоке грунта (в долях единицы);
 Δt — расчетный период времени, сут.;
 H_1, H_0, H_2 — гидродинамический потенциал, соответственно измеренный внизу, в центре и вверху рассматриваемого блока грунта, вод. ст.;
 l_1, l_2 — размеры рассматриваемого блока грунта, м.

Результаты расчета показали, что коэффициент влагопереноса в пределах режимных потенциалов влажности изменяется в зависимости от глубины заложения следующим образом: при 0,4 м — от $0,8 \cdot 10^{-2}$ до $0,005 \cdot 10^{-2}$ м/сут; при 0,65 м — от $0,83 \cdot 10^{-2}$ до $0,025 \cdot 10^{-2}$ м/сут; при 1,1 м — от $0,875 \cdot 10^{-2}$ до $0,01 \cdot 10^{-2}$ м/сут; при 1,5 и 1,9 м — от $0,9 \cdot 10^{-2}$ до $0,15 \cdot 10^{-2}$ м/сут.

Из этих данных видно, что по мере увеличения глубины и приближения к УГВ разрыв между максимальным и минимальным значением коэффициента влагопереноса уменьшается, что и объясняется зависимостью этого параметра от влажности почвы, максимумы и

минимумы которой, в свою очередь, наиболее различны в верхних слоях почвогрунтов (рис. в).

График зависимости $P = f(\theta)$ представлен в виде гиперболы, где кривая имеет более выраженную форму при увеличении всасывающего давления, и выполаживается при уменьшении потенциала влажности и влажности почвогрунтов, что характерно для зависимостей по всем литологическим разностям (рис. а).

График зависимости $K_{\psi} = f(\theta)$ также имеет вид гиперболы, вытянутой относительно оси K_{ψ} (рис. б). Здесь хорошо видно, что влагопроводность по мере увеличения глубины возрастает в связи с уплотнением почвы.

Во всем диапазоне доступной растению влаги от ПВ до ВЗ (полной влагоемкости до влажности устойчивого завядания) связь между давлением и проводимостью $K_{\psi} = f(P)$ изображается в декартовой системе координат кривыми гиперболического типа (рис. в).

Общее уравнение этих кривых типа гиперболы имеет вид

$$K_{\psi} = \alpha \cdot P^{-\beta} \quad \text{при } (P > 0) \quad (5)$$

Из рис. в видно, что кривые $K_{\psi} = f(P)$ также располагаются в зависимости от объемных весов рассматриваемых почвогрунтов. Следовательно, необходимо исследовать влагопроводность как функцию удельной поверхности, а не только влажности почвы. Поэтому для каждой литологической разности рассматривается отдельный блок грунта и строится индивидуальная кривая зависимости $K_{\psi} = f(P)$.

Определение интенсивности расхода потока влаги производится в тех интервалах глубин и в те сроки, когда движение потока влаги проходило в установившемся режиме (табл. 2).

Используя данные режимных наблюдений за влажностью и всасывающим давлением почвогрунтов, а также графики зависимостей $K_{\psi} = f(P)$ и $K_{\psi} = f(\theta)$ (см. рис. б и в), была рассчитана интенсивность потока влаги в зоне аэрации по формуле

$$q = K_{\psi} \frac{\Delta H}{\Delta Z}, \quad (6)$$

где q — единичный расход потока влаги, м/сут;
 K_{ψ} — коэффициент влагопроводности, м/сут;
 ΔH — разность гидродинамических потенциалов, м;
 $\frac{\Delta H}{\Delta Z}$ — градиент полных (гидродинамических) потенциалов;

ΔZ — мощность слоя, м.

Результаты расчета сведены в табл. 2

Т а б л и ц а 2

Расчетный слой, м	Мощность слоя (ΔZ), м	Градиент потенциала	Коэф. влаж- ности $K_w \cdot 10^{-3}$, м/сут	Интенсивность восход. потока влаги (q_s), мм/сут
0,45-0,65	0,25	$\frac{2,112}{0,477}$	$\frac{1,074}{24,8725}$	$\frac{2,27}{11,8641}$
0,65-1,1	0,45	$\frac{0,467}{0,267}$	$\frac{3,446}{24,647}$	$\frac{1,609}{6,5807}$
1,1-1,5	0,4	$\frac{0,2}{0,425}$	$\frac{10,859}{9,936}$	$\frac{2,172}{4,2228}$
1,5-1,95	0,45	$\frac{0,244}{0,222}$	$\frac{5,229}{15,587}$	$\frac{1,276}{3,4603}$
1,95-2,35	0,4	$\frac{0,225}{0,25}$	$\frac{6,577}{9,839}$	$\frac{1,48}{2,4597}$

П р и м е ч а н и е. В числителе — интенсивность восходящего потока влаги, в знаменателе — нисходящего.

Интенсивность восходящего потока влаги колеблется от 2,3 (в интервале глубин 0,4-0,65 м и 1,1-1,5 м) до 1,55 мм/сут и 1,3 мм/сут соответственно в интервале глубин 1,5-1,95 м и 1,95-2,3 м. Следовательно, с увеличением глубины интенсивность восходящего потока уменьшается.

Интенсивность нисходящего потока влаги колеблется от 11,9 до 2,4 мм/сут. Здесь наблюдается монотонное уменьшение интенсивности потока влаги с увеличением глубины. Это вызвано тем, что после полива большой поливной нормой сначала идет вниз поток большой интенсивности, но так как блок грунта иссушен, он будет насыщаться до ППВ (поливной предельной влагоемкости). Следовательно, часть потока идет на его насыщение; в следующий блок попадает остаток того потока, который проходил через вышележащий блок. Итак, по мере продвижения вниз поток влаги теряет свою интенсивность на насыщение вышележащего слоя.

Наибольшие потери наблюдаются в верхних слоях — 0,4–1,1 м, где почвогрунты наиболее иссушены.

При данном режиме орошения средневзвешенная интенсивность нисходящего потока по всей толще зоны аэрации составляет 6,63 мм/сут. Нисходящее движение потока влаги наблюдается только при поливе, т.е. во время инфильтрационного питания. Таким образом, во время полива полученная величина 6,63 мм/сут определяет интенсивность инфильтрационного питания. Вместе с тем слой тяжелых суглинков с прослойками глины, залегающий в кровле водоносного горизонта от 1,7 до 2,2 м и от 2,75 до 3,1 м и обладающий слабой пропускной способностью по сравнению с рассматриваемыми грунтами, задерживает этот нисходящий поток влаги и создает условия для образования верховодки (бугра) грунтовых вод. Действительно, коэффициент влагопроводности глин при полном их насыщении (коэффициент фильтрации), равный $1,7 \cdot 10^{-4}$ м/сут, не обеспечит переток влаги интенсивностью $6,63 \cdot 10^{-3}$ м/сут, намного превышающий скорость фильтрации даже в более легких грунтах. На нашем опытном участке это подтверждается образованием бугра грунтовых вод в районе 15-й наблюдательной скважины.

Максимальные значения расхода восходящего потока влаги приурочены к послеполивному периоду и колеблются от 8,8 до 4,2 мм/сут; минимальные значения — к предполивному периоду, т.е. во время наибольшего иссушения почвогрунтов и изменяются от 0,08 до 1,4 мм/сут.

Максимальные значения расхода нисходящего потока влаги приурочены к поливам и достигают на глубине 0,4–0,65 м до 96 мм/сут, а на глубине 0,65–1,1 м до 99 мм/сут, с увеличением глубины максимальные значения расхода резко падают до 24 мм/сут. В межполивной период нисходящий поток либо совсем отсутствует, либо имеет очень низкие значения и колеблется от 0,1 до 2,5 мм/сут.

За период с 9.VI по 13.IX 1978 г. в слое 0,4–0,65 м наблюдалось как восходящее, так и нисходящее движение влаги, т.е. испарение и инфильтрация. Единичный расход восходящего движения составил 2,27 мм/сут, за период вегетации — 161,591 мм или $1615,9 \text{ м}^3/\text{га}$, а единичный расход инфильтрации достигал 11,86 мм/сут, за период вегетации — 308,4 мм или $3084 \text{ м}^3/\text{га}$. Максимальный инфильтрационный поток наблюдается во время полива, но

непродолжителен по времени.

В слое 0,65–1,1 м движение влаги также происходило в двух направлениях: вверх – вниз; на подпитывание верхнего горизонта пошло 1094 м³/га воды, в слое 1,1–1,5 м – всего 434,0 м³/га, а на инфильтрацию в нижние слои – 2868 м³/га.

В слое 1,5–1,95 м на подпитывание верхнего горизонта почвогрунтов пошло 766,0 м³/га, а на инфильтрацию – 1315 м³/га. Эта зона примыкает к зоне подпертой капиллярной каймы и испарение (движение вверх) можно принять равным испарению с грунтовых вод.

Слой 1,95–2,35 м является активной зоной, непосредственно примыкающей к уровню грунтовых вод, а после полива эта зона попадает под УГВ. В связи с этим здесь испарение полностью можно считать испарением с УГВ, а инфильтрационное питание как сброс воды с капиллярной подпертой каймы при насыщении ее до полной влагоемкости. Следовательно, инфильтрация в этом слое полностью идет на питание грунтовых вод и равна 1179 м³/га; эта величина больше дренажного стока на 208 м³/га, который составляет 971 м³/га. Разница 209 м³/га идет на подъем УГВ и обрабатывается за счет испарения с УГВ.

Во всех слоях зоны аэрации наблюдается превышение инфильтрационного потока над испарением, вследствие чего, по-видимому, и происходит рассоление почвогрунтов и вынос солей в грунтовые воды. Действительно, за вегетационный период произошло рассоление почвогрунтов, запас солей в зоне аэрации уменьшился, а минерализация грунтовых вод увеличилась.

В толще 0,0–0,4 м происходит интенсивное испарение, поток влаги вверх фактически равен физическому испарению из этой толщи и составляет 1914 м³/га.

За период вегетации сумма восходящего потока (суммарное испарение) составила 6628,0 м³/га. Основная масса восходящего потока израсходована на суммарное испарение, которое, по данным отдела водного баланса САНИИРИ, за вегетацию достигло 6180 м³/га, разница в 448 м³/га, по-видимому, пошла на подпитывание вышележащих слоев до ППВ, без участия этой влаги в испарении.

В результате проведенных исследований было установлено, что процесс влагопереноса в условиях периодического брожения аридной зоны имеет сложный характер.

В верхней части зоны аэрации до глубины 1,4–1,5 м процесс влагопереноса носит ярко выраженный неустановившийся характер, обусловленный систематическими поливами, интенсивным испарением и другими агрометеорологическими факторами. Зона ниже 1,95 м и до уровня грунтовых вод характеризуется близким к установившемуся движением влаги.

Зона с глубины 1,5 до 1,95 м характеризуется переходным характером процесса влагопереноса. Изменения потенциалов здесь не так динамичны, как в верхней части зоны, но также превышают изменения в нижней части зоны аэрации.

На основе полученных данных были определены расходы потока влаги на расчетных глубинах для характеристики основных элементов водного баланса (инфильтрации и суммарного испарения) грунтов зоны аэрации, интенсивность и направление потока влаги на любой глубине и в любой момент времени. С этой целью были определены параметры влагопереноса; коэффициент влагопроводности; построены графики зависимости всасывающего давления от влажности и коэффициента влагопроводности от влажности.

Следовательно, основные закономерности, определяющие условия равновесия и передвижения влаги в ненасыщенной зоне аэрации при неглубоком (до 2,0–2,5 м) залегании грунтовых вод в условиях периодического поверхностного орошения, могут и должны изучаться на основе теории потенциала влаги.

Л и т е р а т у р а

1. С у д н и ц и н И.И. Закономерности передвижения почвенной влаги. М., "Наука", 1964.
2. Г л о б у с А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. М., Гидрометеиздат, 1969.
3. М и ч у р и н Б.Н. Энергетика почвенной влаги. М., Гидрометеиздат, 1975.
4. П а ш к о в с к и й И.С. Методы определения инфильтрационного питания по расчетам влагопереноса в зоне аэрации. МГУ, 1973.

А.А.АБДУРАХМАНОВ, ст.научи.сотр.

В.Х.ИБРАГИМОВА, инженер

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

К ОЦЕНКЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВ ПО АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ИОНОВ

Применению в почвенно-агрохимических исследованиях ионоселективных электродов (ИСЭ) в последнее время придается большое значение /2,7,9/.

Во-первых, ИСЭ реагируют на активность ионов, а не на концентрацию, что весьма важно при изучении физико-химических процессов в биологических системах, к которым относятся и почвы, где широко распространены явления комплексообразования и ионной ассоциации, обусловленные высокой гетерогенностью этих систем.

Во-вторых, измерения, проводимые с помощью ИСЭ, относятся к группе неразрушающих способов контроля *insitu*, т.е. для непосредственных измерений активности без разделения твердой и жидкой фаз, что весьма важно при изучении почвенных процессов при освоении и сельскохозяйственном использовании земель, нуждающихся в мелиорациях.

От величины активности ионов зависят многие свойства почв: пептизация, электрокинетический потенциал, степень диссоциации поверхностных соединений коллоидов, осмотическое давление, реакция среды и др. /4/. С помощью активностей можно изучать обменные реакции катионов, скорости растворения солей и т.д.

В последние годы появился ряд работ, посвященных влиянию окультуривания и мелиорации на активность ионов калия, кальция, водорода и др. /1,5,6/.

Исследованиями, проведенными в Армении /1/, была установлена тесная корреляционная связь между активностью ионов натрия (pNa) и обменнопоглощенным натрием ($ЦNa$) солонцовых почв при их химической мелиорации и выявлены пределы рассолонования мелиорированных содовых солончаков по активностям ионов натрия и кальция. Предложена классификация солонцов-солончаков по степени солонцеватости (табл.1).

В.С.Муратовой и В.Ю.Мергулисом /8/ установлена корреля-

Т а б л и ц а I

Классификация почв (солонцов-солончаков) по
степени солонцеватости

Степень солонцеватости	:	pNa
Несолонцеватая		> 2,5
Слабосолонцеватая		2,0-2,5
Среднесолонцеватая		1,5-2,0
Сильносолонцеватая		1,0-1,5
Солонец		< 1,0

ионная связь суммы токсичных солей при сульфатном и хлоридно-сульфатном засолении почв с содержанием не аниона хлора, а катиона натрия. На основании этой связи предложены критерии оценки степени засоления почв по содержанию натрия, определяемого фотометрически в водных вытяжках из почв. Однако, как известно, связь степени засоления почвы, установленной по степени угнетения растений, с абсолютным содержанием тех или иных ионов — весьма условна, так как абсолютные величины содержания солей не всегда могут быть показателями степени физиологического воздействия солей на растения. Основную роль здесь играет не столько общая, сколько активная концентрация ионов, т.е. та диссоциированная часть их, которая непосредственно участвует в физико-химическом взаимодействии почвенного раствора с корнями растений. Исходя из этого положения и на основании многочисленных лабораторных и полевых опытов, Р.Г.Горбуновой /5/ предложена шкала оценки степени засоления почв хлоридно-сульфатно-магниевонатриевого типа засоления по величине рNa (табл.2), измеряемой непосредственно в почве при естественной полевой влажности.

Практическая ценность и перспективность описанных способов оценки состояния почв не вызывает сомнения и заключается прежде всего в том, что они могут быть использованы при наблюдениях (возможно и дистанционных) за динамикой рассоления почвенного профиля под воздействием почвенно-мелиоративных мероприятий.

Значительный интерес представляет изучение с помощью ИСЭ почвенного плодородия.

Для характеристики энергетического баланса питательных ве-

Т а б л и ц а 2

Ориентировочная оценка засоленных почв по
величине рNa

Степень засоления почвы	: : :	pNa	: : :	Состояние хлопчатника
Незасоленная		> 1,3-1,4		Нормальное
Слабозасоленная		0,8-1,3		Слабоугнетенное
Среднезасоленная		0,5-0,8		Средне-и сильноугнетен- ное
Сильнозасоленная		0,3-0,5		Сильноугнетенное, час- тично погибает
Солончак		< 0,3		Полное отсутствие всхо- дов или гибель после всходов

ществ в почве и их доступности растениям в почвоведении введе-
ны понятия известкового, калийного и фосфатного термодинамичес-
ких потенциалов, представляющих собой разности показателей ак-
тивности соответствующих ионов в жидкой фазе при ее равнове-
сном состоянии с твердой фазой почвы. Соотношение показателей ак-
тивности ионов водорода и кальция (рН-0,5 рСа) было названо Шо-
филдом / *Schofield*, 11/ известковым потенциалом, а соотношение
между показателями активности ионов калия и кальция (рК-0,5рСа)
Вудруффом / *Woodruff*, 12/ названо калийным потенциалом. В соот-
ветствии с общепринятым определением известковый и калийный по-
тенциалы в их вышеприведенном выражении характеризуют интенсив-
ность перехода кальция (калия) из твердой фазы почвы в почвен-
ный раствор и обратно независимо от его формы.

В строгом виде показателем перехода кальция из твердой
фазы в почвенный раствор является изменение свободной энергии
обмена ионов водорода раствора на ионы кальция почвы. Изменение
свободной энергии при этом выражается равенством

$$\Delta G = RT \ln \frac{a_H^+}{\sqrt{a_{Ca^{2+}}}} \quad (I)$$

или, заменив натуральные логарифмы десятичными, а константы -
их значениями при 25°C, получим

$$\Delta G = 2,303 RT (\lg a_{H^+} - 0,5 \lg a_{Ca^{2+}}) = -1,364 (pH - 0,5 pCa). \quad (2)$$

На основании характера изменения свободной энергии реакции ионного обмена в почве можно судить о возможном уровне растворимости кальция почвенным раствором или связывании его почвой. Уменьшение свободной энергии (соответственное увеличение известкового потенциала) означает, что почва слабее удерживает ионы кальция в твердой фазе и, наоборот, при увеличении свободной энергии (снижении известкового потенциала) почва удерживает их сильнее.

Аналогично известковому потенциалу изменение свободной энергии обмена ионов калия и кальция описывается уравнением

$$\Delta G = RT \ln \frac{a_{K^+}}{\sqrt{a_{Ca^{2+}}}} = 2,303 RT (\lg a_{K^+} - 0,5 \lg a_{Ca^{2+}}) = -1,364 (pK - 0,5 pCa). \quad (3)$$

Вудруфф приводит следующие градации изменения свободной энергии (ΔG), соответствующие определенным условиям обеспеченности растений калием: а) 3500–4000 кал, калийный потенциал 2,5–2,9 – недостаток калия для нормального развития растений; б) 2500–3000 кал, калийный потенциал 1,8–2,2 – оптимальные условия питания растений калием; в) 2000 кал и ниже, калийный потенциал порядка 1,5 – избыток калия.

Согласно Давидеску /10/, выражение $pK-0,5 pCa$ должно быть названо потенциалом структуры обменных оснований, а калийным потенциалом – соотношение $pH-pK$.

Нами исследованы известковый и калийный потенциалы гипсоносных почв Юго-Западной части Голодной степи и их изменение при окультуривании с помощью культур-освоителей (люцерна) и химмелиорантов (сложные полимерные удобрения – СПУ).

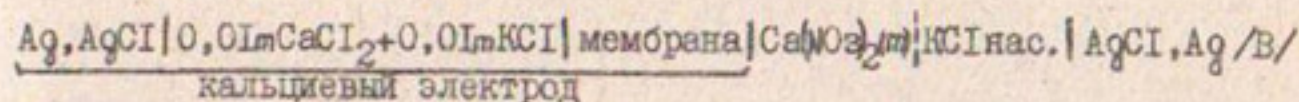
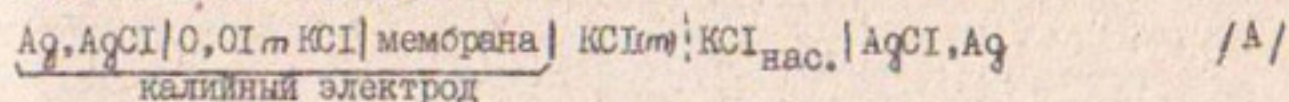
Освоение под орошение гипсоносных почв, широко распространенных на подгорных равнинах Средней Азии, встречает большие трудности. Это вызвано тем, что гипсоносные почвы обладают рядом специфических особенностей, исключающих применение на них традиционных приемов мелиорации. Из множества негативных особенностей гипсоносных почв отметим лишь высокую концентрацию и мощность гипсового горизонта, бесструктурность, слитность, слабые солеотдачу и водопроницаемость, низкий уровень потенциаль-

ного почвенного плодородия, возможность образования суффозионных воронок при орошении и т.д.

Почвы опытного участка (с-з № 31 им.Х.Алимджана) относятся к сероземно-луговым аккумулятивным гипсоносным почвам современного накопления мелкозема и водорастворимых солей. Тип засоления — сульфатный. Содержание солей в слое 0–200 см достигает 4%, в том числе сульфат-ионов — 1,5%. Верхняя граница гипсового горизонта находится на глубине 25–30 см, а иногда и выходит на дневную поверхность, нижняя — на 100–130 см. Содержание гипса в зоне аэрации колеблется в пределах 60–90% от веса сухой почвы. Сильная загипсованность обуславливает слабые фильтрационные свойства почвы ($K_f = 0,05 \pm 0,08$ м/сут). Сильноминерализованные (20–30 г/л) грунтовые воды залегают в основном на глубине 2,8–3,2 м.

Измерение pH почвенных образцов производилось серийным стеклянным электродом ЭСЛ-43-07, рК — мембранным ИСЭ ЭМ-К-01 на основе валиномицина, рСа — с помощью мембранных электродов, изготовленных на основе поливинилхлорида (ПВХ) в циклогексаноне, пластифицированного трибутилфосфатом (ТБФ). В качестве комплексующего агента для Ca^{2+} вводился теноилтрифторацетон (ТТФА). Соотношение ПВХ:ТБФ:ТТФА = 1:3:1.

Калибровка электродов производилась измерением э.д.с. гальванических элементов



с помощью высокоомного потенциометра ППТВ-1 и усилителя pH-121, собранных по компенсационной схеме. В качестве электрода сравнения использован электрод ЭВЛ-1МЗ.

Постоянные значения э.д.с. элементов А и В устанавливались в течение 1–3 мин., причем быстрее в более концентрированных растворах. Зависимость э.д.с. от логарифма средней ионной активности соответствующих потенциалопределяющих ионов (K^+ , Ca^{2+}) описывается уравнением Нернста в диапазоне концентраций $10^0 - 10^{-4}$ моль/л. Угловые коэффициенты (α) калибровочных кривых близки к теоретическим и составляют $\alpha_{\text{K}^+} = 56 \pm 3$ мВ/рК; $\alpha_{\text{Ca}^{2+}} = 30 \pm 1$ мВ/рСа.

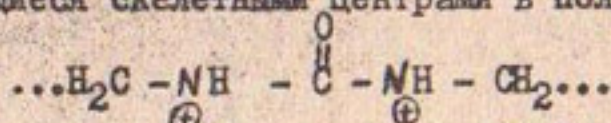
Измерения активностей указанных ионов проводили непосредственно в почве, увлажненной до нижней границы текучести, устанавливаемой по конусу Васильева.

По измеренным значениям pH , pK и pCa были рассчитаны термодинамические потенциалы ($pH-0,5 pCa$, $pH-pK$ и $pK-0,5 pCa$) и по измерениям и рассчитанным значениям построены графики изменения их по почвенному профилю (рис. 1 и 2).

Приведенные на рис. 2а данные показывают, что в целом почвы исследуемых участков характеризуются весьма высокими значениями известкового потенциала: в пахотном слое он достигает величин 6,0–6,8 на участке хлопкового севооборота и 7,0 – люцернового севооборота. С глубиной известковый потенциал возрастает. Такое поведение известкового потенциала вполне закономерно и связано с высоким содержанием кальция гипса, влияющего на химический состав почвенно-поровых растворов. Свойственные исследованным почвам высокие значения pH (7,2–8,2) и активностей ионов Ca^{2+} в основном и определяют столь высокие значения известкового потенциала.

Почвам, находящимся длительный период в люцерновом севообороте, в отличие от почв под хлопчатником, свойственны существенно более высокие значения известкового потенциала. Это связано, по-видимому, с биологической и механической деятельностью корневой системы люцерны, разрушающей гипсированные прослойки, что способствует лучшей аэрации почвенной толщи и при исходно высоких значениях pH повышает потенциальную способность перехода кальция гипса в почвенный раствор.

При внесении под хлопчатник СПУ значения известкового потенциала значительно возрастают. Это также связано с повышением pH (рис. 1а). Полимерная водонерастворимая составляющая мочевино-формальдегидных соединений (МФС), являющихся основой СПУ, способна к ионному обмену [3]: положительно заряженные атомы азота, являющиеся скелетными центрами в полимерной цепочке.



сорбируют анионы почвенного раствора (Cl^- , SO_4^{2-} и др.) на поверхности полимерной структуры и снижают тем самым активную

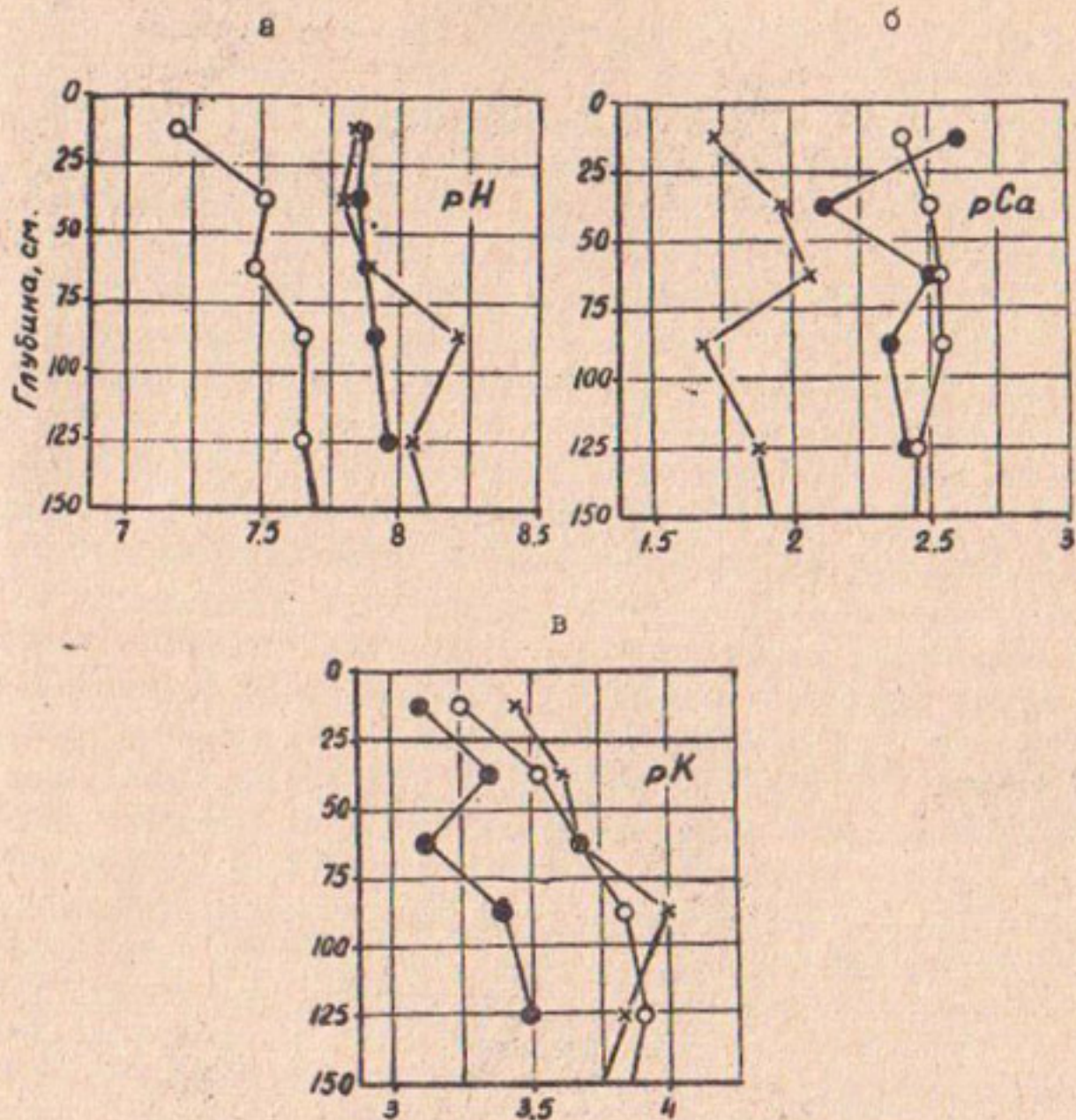


Рис. I. Характер изменения pH, pCa и pK по профилю гипсовосных почв Голодной степи и их изменения при окультуривании:

x — люцерна 3-летняя; o — хлопчатник до внесения СПУ; • — хлопчатник после внесения СПУ.

кислотность почвенного раствора, т.е. повышают pH.

Из выражения калийного потенциала $pK-0,5 pCa$ следует, что с увеличением pK (соответственно, уменьшением активности ионов калия) при стабильной активности кальция калийный потенциал воз-

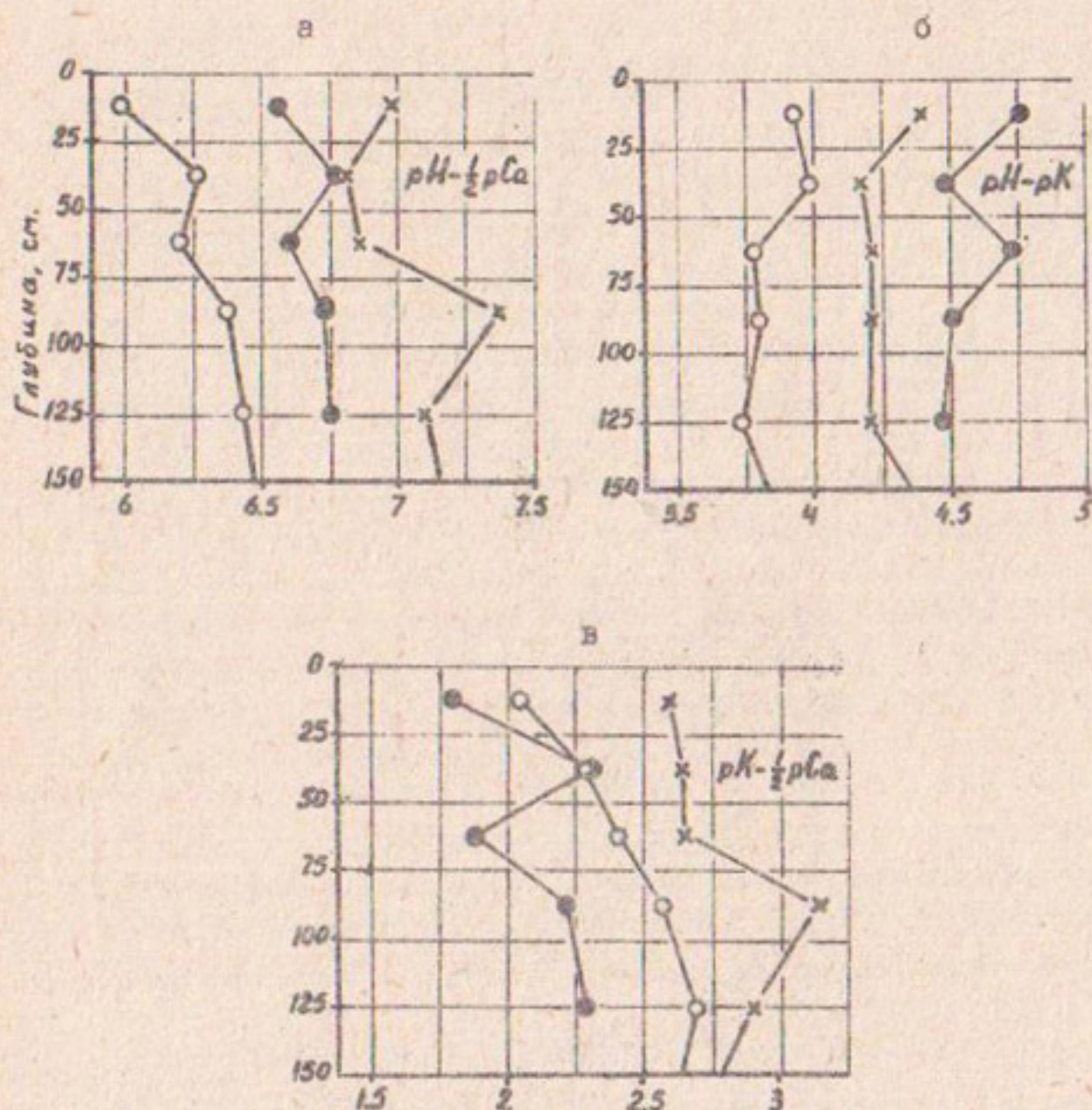


Рис.2. Характер изменения известкового (а) и калийных (б, в) потенциалов по профилю гипсоносных почв Голодной степи и их изменения при окультуривании:

X — люцерна 3-летняя; O — хлопчатник до внесения СПУ; ● — хлопчатник после внесения СПУ.

растает, т.е. с уменьшением калийного потенциала условия питания растений калием улучшаются. Согласно градации Вудруффа (см. выше) обеспеченность калием почв (рис.2в), находящихся под люцерной, недостаточна, почв под хлопчатником — близка к оптималь-

ной (пахотный слой). При внесении под хлопчатник СПУ калийный потенциал почвы повысился и достиг оптимума во всем корнеобитаемом слое. При этом минимальному значению $pK = 3,10$ (максимальное значение активности калия) соответствует минимальное значение калийного потенциала - 1,80. Это указывает на наиболее благоприятные условия питания растений калием. В целом изменение величины калийного потенциала, рассчитанного по Вудруффу, находится в обратной зависимости от уровня активности ионов калия, что вполне закономерно и согласуется с данными других авторов.

Менее объективным для исследованных почв оказался калийный потенциал, рассчитанный по Давидеску ($pH-pK$) (рис.26). В данном случае, чем больше его абсолютная величина, тем более благоприятный калийный режим для развития растений, так как в этом случае характерно меньшее значение pK , т.е. большая активность ионов калия и более высокие значения pH или меньшая активность ионов водорода. Величина калийного потенциала в таком выражении не всегда отражает действительный уровень активности ионов калия в жидкой фазе. Так, значения калийного потенциала в слое 50-75 см под люцерной и хлопчатником составляют, соответственно, 4,21 и 3,78, а активность ионов калия и в первом, и во втором случае равна 0,209 мг·экв/л ($pK = 3,68$). С глубиной активность ионов калия в почве под люцерной резко снижается (рис. 1в), а затем возрастает, значения же калийного потенциала стабильно возрастают с глубиной (рис.26).

Таким образом, калийный потенциал в выражении Вудруффа, на наш взгляд, является более объективной величиной при характеристике обеспеченности растений калием и его изменений при окультуривании засоленных почв. Вместе с тем, для правильной оценки обеспеченности растений калием, наряду с величинами pK и $pK-0,5 pCa$, важно знать и оптимальные соотношения в почве ионов водорода и калия, т.е. величины калийного потенциала, выраженные как разность $pH-pK$.

Точно также, для оценки обеспеченности растений теми или иными элементами питания недостаточно оперировать фактором интенсивности (pK , pCa , калийный потенциал и т.д.) без учета фактора емкости (абсолютное содержание в почве калия, кальция и др.). Фактор интенсивности не исключает, а дополняет фактор емкости, т.е. оба они характеризуют состояние ионов в почве с разных сторон.

Л и т е р а т у р а

1. Агабабян В.Г., Папинян В.А., Григорян Л.М. О мелиоративной оценке солонцеватости почв по активности ионов натрия. В кн. "Почвенно-мелиоративные процессы в районах нового орошения. Научн. труды Почв.-ин-та им.В.В.Докучаева, М., ВАСХНИЛ, 1975.
2. Александрова А.М. Перспектива применения в агрохимических исследованиях ионоселективных электродов. В кн. "УШ Международный конгресс по минеральным удобрениям", М., 1976, ч.1.
3. Гольфериш Ф. Иониты (Пер. с нем. под ред. С.М.Черноброва). М., ИЛ, 1962.
4. Горбунов Н.И., Юдина Л.П., Рыжова Л.В. Активность ионов натрия при взаимодействии солонцов с водой и гипсом. "Почвоведение", 1978, № 6.
5. Горбунова Р.Г. Методика оценки засоления почв по активности ионов натрия. В кн. "Почвенно-мелиоративные процессы в районах нового орошения. Научн. труды Почв.-ин-та им.В.В.Докучаева. М., ВАСХНИЛ, 1975.
6. Гринченко Т.А. и др. Изменение активности ионов кальция, калия и водорода при окультуривании почв Колхидской низменности. "Почвоведение" 1979, № 12.
7. Ковда В.А. и др. Опыт применения ионоселективных электродов в почвенно-агрохимических исследованиях. ДАН СССР, 1977, т.235, № 1.
8. Муратова В.С., Маргулис В.Ю. Содержание токсичных солей в водных вытяжках и в почвенных растворах гипсоносных почв Голодной степи. "Почвоведение", 1971, № 12.
9. Bailey P.L. Analysis with ion-selective electrodes. London, Hayden, 1976, №12, 228p.
10. Davidescu D., Borlan G., Bordeiasu C. Potentiels de l'activité physicochimique et les facteurs de la fertilité du sol. *Agrochimica*, V. XI, №1, 1955.

11. Schofield R. A ratio law governing the equilibrium of cations in the soil solution. Proc. XI Intern. Congr. Pure and Applied Chem., v. 3, London, 1947.
12. Woodruff C.M. The energies of replacement of calcium by potassium in Soils. Soil Sci. Amer. Proc., v. 19, №2, 1955.

В.Г.НАСОНОВ, канд.геол.-мин.наук,

С.М.ШМИДТ, инженер

Т.М.НИГМАНОВ, инженер

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА

Существуют различные взгляды на зависимость суммарного испарения от глубины залегания грунтовых вод, а следовательно, и влажности почвы. Ряд исследователей рекомендует оценивать суммарное испарение в зависимости от глубины залегания грунтовых вод или влажности почвы /2,3,5/, другие приводят расчет суммарного испарения, не принимая эти факторы во внимание /1,6,7/.

Исследования процессов влагопереноса в системе почва - растение - атмосфера, проведенные в 1977-1979 гг. на опытном участке в совхозе I^а Новой зоны орошения Голодной степи, позволили установить некоторую взаимосвязь между суммарным испарением, потенциалом влаги в почве и глубиной залегания грунтовых вод.

Территория совхоза I^а приурочена к периферийным частям конуса выноса и представлена в основном лугово-сероземными и сероземно-луговыми почвами с пятнами луговых и лугово-болотных почв в понижениях. Характерная особенность почвенного покрова - почти повсеместное его засоление. Особенно большое скопление солей наблюдается в верхней части покровного мелкосема до глубины 20-30 м. В литологическом отношении зона аэрации представлена супесями с подчиненными прослоями легких и тяжелых суглинков. В целом наблюдается тенденция к утяжелению механического состава с глубиной.

Опытный участок площадью 20,4 га с юга и запада околонулен коллекторами, а с севера — оросительным лотком. Для исследования процесса влагопереноса в зоне аэрации опытный участок был оборудован кустом тензиометров и шурфом глубиной заложения 3,5 м. Куст тензиометров представлял собой датчики, закладываемые на разных глубинах. Интервалы этих глубин выделялись на основе однородности водно-физических свойств почвогрунтов: механического состава, пористости, объемного веса и удельной поверхности почвы.

Все указанные параметры были определены заранее, путем бурения скважины и устройства шурфа размером 1,5х1,5х3,5 м, который впоследствии был обсажен цельносваренной металлической коробкой с крышкой. Во всех стенках этого шурфа были установлены тензиометры — всего по восемь на каждом горизонте, а по вертикали — через каждые 0,2 м, т.е. датчики в шурфе устанавливались на тех же горизонтах, что и в кусте. Этим обеспечивалась многократная повторяемость измерений.

Установка тензиометра проводилась следующим образом: в пробуренную скважину на жесткой соединительной системе опускался предварительно подготовленный датчик тензиометра, который соединялся соединительной системой со ртутным чашечным манометром. Предварительно эта система тарировалась в лабораторных условиях. Устье скважины тампонировалось цементом для предотвращения влияния на показания тензиометров поливной воды. Скважины располагались в плане на грядке между кустами хлопчатника.

Датчики тензиометров располагались на следующих глубинах от поверхности земли: $Z_1 = 0,3$ м; $Z_2 = 0,45$ м; $Z_3 = 0,75$ м; $Z_4 = 1,1$ м; $Z_5 = 1,3$ м; $Z_6 = 1,5$ м; $Z_7 = 1,7$ м; $Z_8 = 1,9$ м; $Z_9 = 2,05$ м; $Z_{10} = 2,25$ м; $Z_{11} = 2,6$ м; $Z_{12} = 2,85$ м; $Z_{13} = 3,0$ м. Всего в кусте было 13 тензиометров.

Рядом с кустом и шурфом были заложены три скважины, обсаженные металлическими трубами длиной 4 м, для наблюдения за динамикой грунтовых вод. Одновременно на тех же глубинах, где были установлены датчики тензиометров, измерялась влажность почвогрунтов термостатно-весовым методом.

Все водно-физические параметры почвы были определены в процессе устройства шурфа: дренажный сток замеряли непосредственно в устье дрена; суммарное испарение устанавливали методами

теплового и водного балансов. Некоторые результаты изучения элементов водного баланса и динамики потенциалов влажности приведены на рис.1.

Зависимость суммарного испарения от потенциала влаги почвы исследовалась в данной работе лишь для фазы цветения — созревания первых коробочек. Как показал анализ полученных материалов, обнаруживается тесная связь между отношением суммарного испарения и испаряемости ($\alpha = \frac{E}{E_0}$) с суточным и декадным ходом всасывающего давления.

Из рис.2 видно, что зависимость параметра α от всасывающего давления оказывается практически линейной в диапазонах влажности корнеобитаемого слоя, допустимой при выращивании хлопчатника. Для каждого выделенного слоя почвы существует очень тесная корреляционная связь между параметром α и всасывающим давлением почвы. Суточные значения для всех выделенных слоев зоны аэрации представлены в табл.1. Не менее тесная корреляционная связь обнаруживается и для декадных значений (табл.2).

Вместе с тем имеются определенные отличия для суточных и декадных значений. Для суточной связи параметра $\alpha = \frac{E}{E_0}$ с суточным ходом потенциала влаги в почве обнаруживается существенная зависимость от испаряемости (рис.3). Чем больше абсолютное значение испаряемости, тем меньше параметр $\alpha = \frac{E}{E_0}$ и наоборот — для одних и тех же значений потенциалов влаги. В результате анализа выделены различные связи трех групп суточной испаряемости: максимальной, средней и минимальной (табл.3).

Указанное явление объясняется способностями растения регулировать процесс транспирации в оптимальных в физиологическом отношении пределах в зависимости от гидрометеорологических условий. Для такого регулирования в суточном масштабе хлопчатник использует механизм устьичного регулирования [1,4]. Это предположение подтверждает тот факт, что для связи декадных значений суммарного испарения с потенциалом влажности явной зависимости от абсолютных значений испаряемости не обнаруживается (рис.2). За этот период включаются другие механизмы потребления влаги растением: накопление надземной биологической массы, развитие корневой системы и т.п.

Полученные уравнения связи позволяют при необходимости вывести и уравнение зависимости суммарного испарения от влаж-

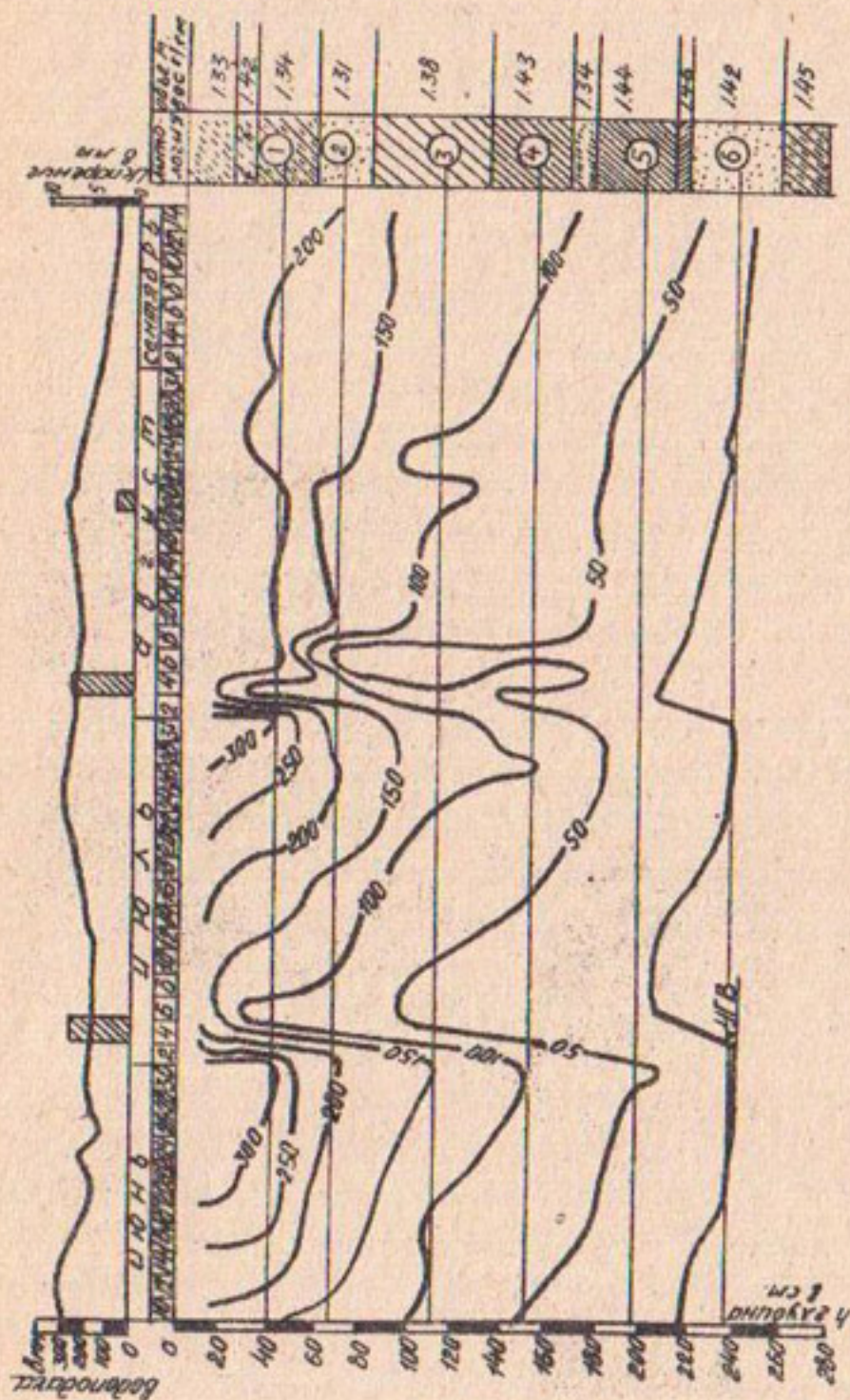


рис. 1.
ИЗОЛИНИИ ВСАСЫВАЮЩИХ ДАВЛЕНИЙ

Условные обозначения:

- супесь легкая
 — супесь с вкл. глина
 — супесь средняя
 — песок
 — легкий суглинок
 — средний суглинок
 — тяжелый суглинок
 — суммарное испарение, мм
 — уровень гр. вод., см
 номер тен-ра и глубина его установки

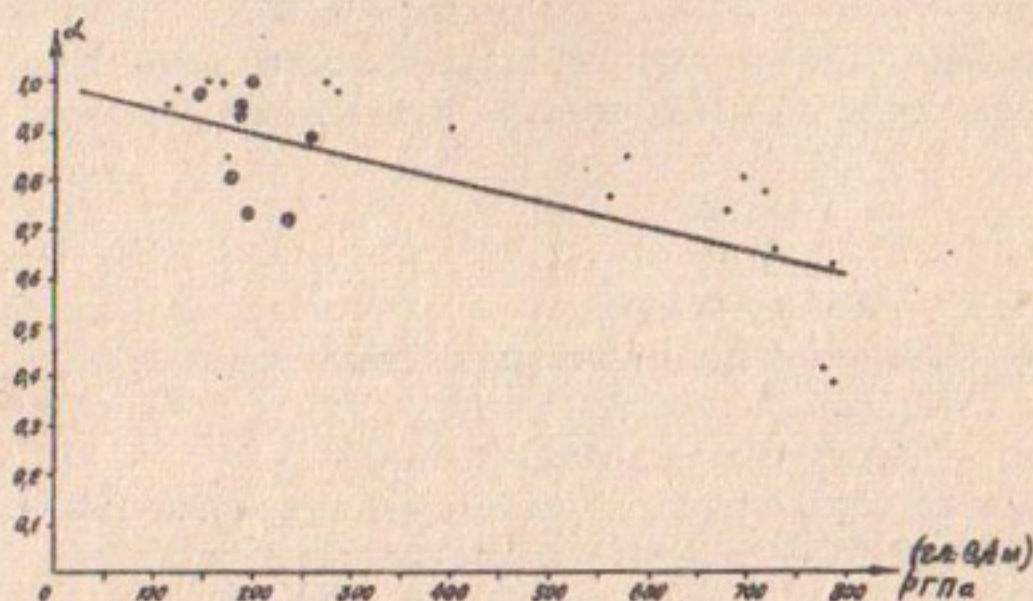


Рис.2. Зависимость декадных значений параметра $\alpha\left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0}\right)$ от потенциала влаги в почве P .

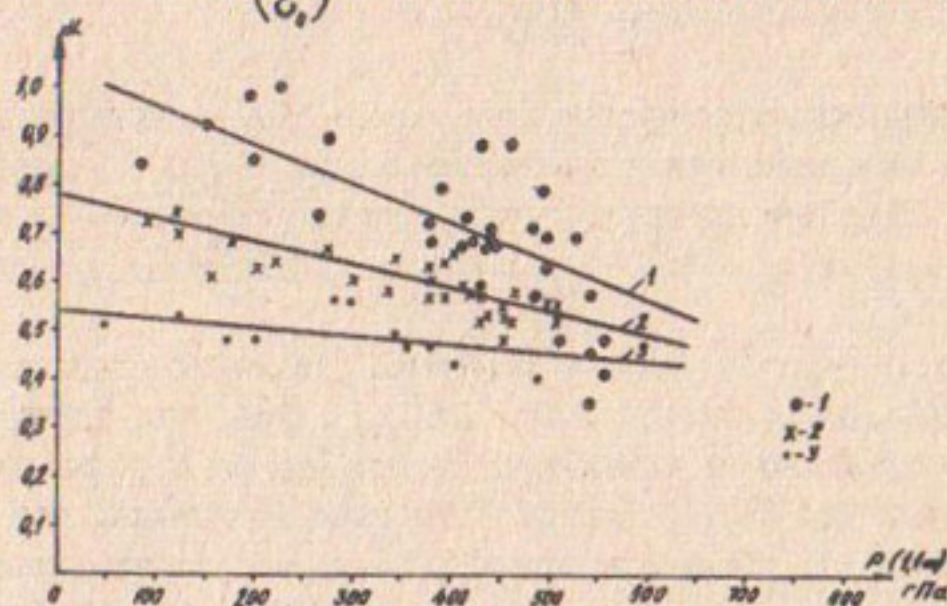


Рис.3. Зависимость параметра $\alpha\left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0}\right)$ от потенциала влаги в почве при различных абсолютных значениях испаряемости: 1 - максимальном для данного периода; 2 - среднем и 3 - минимальном.

ности. Лабораторные и полевые определения зависимости влажности от всасывающего давления для сероземов Голодной степи показали, что в общем случае ее можно описать зависимостью Гарднера:

$$\frac{\theta_m - \theta}{\theta_m - \theta_0} = e^{-H_k P} \quad (1)$$

Здесь θ_m — полная влагоемкость;

θ_0 — максимальная молекулярная влагоемкость;

θ — исходная влажность почвы;

H_k — приведенный капиллярный напор.

После преобразований для слоя 0,0–I, I м можно написать относительно суточных значений суммарного испарения

$$E = \varepsilon_0 \cdot \ln \frac{2,162}{\theta^{0,000181} \cdot H_k}, \quad (2)$$

аналогично для декадных значений

$$E = \varepsilon_0 \cdot \ln \frac{2,691}{\theta^{0,000736} \cdot H_k}. \quad (3)$$

Таким образом, отмечается логарифмическая зависимость влажности от испарения при оптимальных влагозапасах в корнеобитаемом слое. Подобным способом можно получить зависимости для всех выделенных слоев почвы, для которых приведены уравнения связи (табл. I–3).

Так как не всегда удается получить систематические данные по потенциалам влажности почвы или же влажности, то обычно используются зависимости суммарного испарения от глубины залегания грунтовых вод [5,6]. Данные наблюдения показали, что в межполивной период для рассматриваемых почвогрунтов существует достаточно устойчивая связь потенциала влажности с глубиной залегания грунтовых вод (рис. 4). В результате статистической обработки зависимости потенциала влаги от уровня грунтовых вод получено следующее уравнение связи:

$$P = -\beta \cdot \ln \frac{Z}{h}, \quad (4)$$

где Z — текущая координата; h — глубина залегания грунтовых вод, м; β — коэффициент ($\beta \approx 732,96$).

Т а б л и ц а I

Корреляционная связь между параметром $\lambda(y)$ и суточным ходом потенциала
влажности почвы $P(x)$

Мощ- ность (λ), м	Диапазон среднез- вешенных р, ГПа	Коэф- фици- ент корре- ляции, ρ	Коэф- фици- ент рег- рессии, β_{yx}	Ошибка ко- эффи- циента регрес- сии; S_f	Уравнение регрессии	Доверительный интервал	
						$\rho \pm t_{\alpha} \cdot S_{\rho}$	$\beta_{yx} \pm t_{\alpha} \cdot S_{\beta}$
0-0,3	0-850	-0,92	0,0728	-0,00022	0,0000163	$y = -0,738165 - 0,00022x$	-0,00022± 0,000033
0,0- 0,45	0-820	-0,77	0,118	-0,000203	0,00002893	$y = -0,71761 - 0,0002x$	-0,000203± 0,00002899
0-1,10	0-560	-0,91	0,07699	-0,000481	0,0000041	$y = -0,776 - 0,000481x$	-0,000481± 0,000084
0-0,75	0-750	-0,82	0,105	-0,00031	0,0000393	$y = -0,741 - 0,00031x$	-0,00031± 0,0000802
0-1,3	0-550	-0,81	0,109	-0,000503	0,000068	$y = -0,774 - 0,000503x$	-0,000503± 0,000138
0-1,5	0-500	-0,88	0,0882	-0,000556	0,0000557	$y = -0,7794 - 0,000556x$	-0,000556± 0,000114

Т а б л и ц а 2

Корреляционная связь между параметром $\lambda(y)$ и декадным ходом потенциала
влажности почвы $P(x)$

Модуль слоя (λ) _м	Диапазон средних вещных P, ГПа	Коэффициент корреляции r	Ошибка коэффициента корреляции r _{гр}	Коэффициент регрессии b _{yx}	Ошибка регрессии b _{гр}	Уравнение регрессии	Доверительный интервал
0,75	0-725	-0,71	0,14	-0,00059	0,000118	$y = -0,99092 - 0,00059x$	-0,71 ± 0,00059 0,287 0,000242
1,33	0-575	-0,6	0,15	-0,00062	0,000156	$y = -0,9585 - 0,00062x$	-0,6 ± 0,00062 0,307 0,00032
1,5	0-480	-0,71	0,14	-0,00093	0,00019	$y = -0,998 - 0,00093x$	-0,71 ± 0,00093 0,287 0,00039
0,4	0-800	-0,71	0,14	-0,000489	0,000102	$y = -0,987 - 0,000489x$	-0,71 ± 0,000489 0,287 0,000209

Т а б л и ц а 3

Корреляционная связь между параметром $\alpha(y)$ и суточным ходом
потенциала влажности почвы для трех групп суточной испаре-
мости: минимальной, средней, максимальной

	Испара- емость	Диапазон : средневз- вешенных : $\bar{P}$, $\bar{\Gamma}$ Па	Коеф- фици- ент	Ошиб- ка ко- эф- фици- ента	Коеффици- ент рег- рессии	Ошиб- ка ко- эффици- ента рег- рессии	Уравнение регрессии	Доверительный интервал	
								$\rho \pm t_{0.05} \cdot S_{\rho}$	$b_{yx} \pm t_{0.05} \cdot S_b$
min	0-600	-0,73	0,127	-0,000796	0,000139	$y=0,999-$ $0,000796$	X	-0,73 $\pm$ 0,255	-0,000736 $\pm$ 0,0002790
Средн.	0-600	-0,91	0,07699	-0,000481	0,000041	$y=0,776-$ $0,000481$	X	-0,91 $\pm$ 0,1571	-0,000481 $\pm$ 0,000084
max	0-600	-0,57	0,274	-0,000183	0,000103	$y=0,544-$ $0,000183$	X	-0,57 $\pm$ 0,619	-0,000183 $\pm$ 0,000233

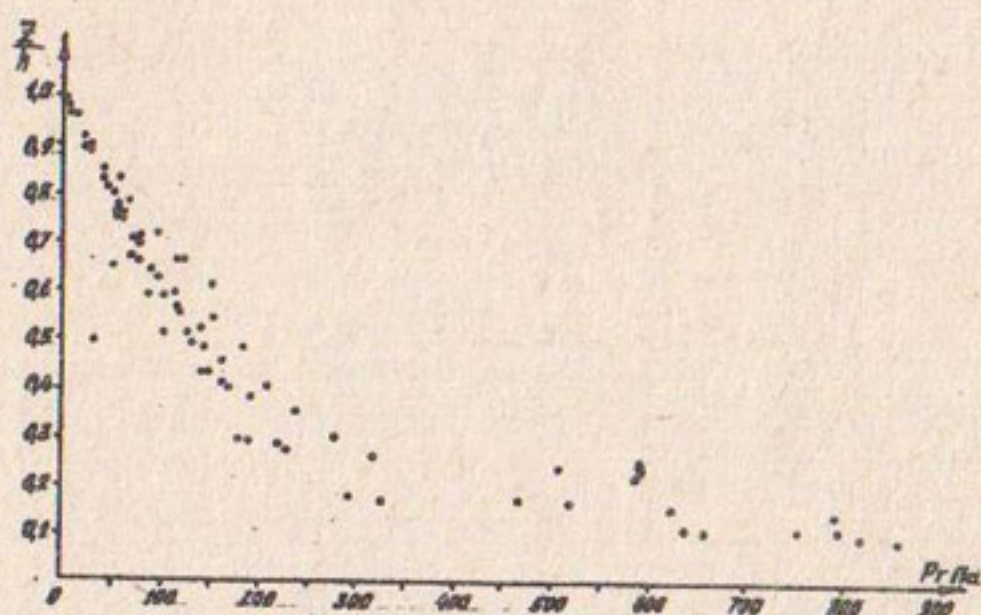


Рис. 4. Зависимость потенциала влажности ρ от отношения $\frac{z}{h}$, где z — глубина установки датчика тензиометра, h — уровень грунтовых вод на данный период времени.

Отсюда, используя зависимости (2) и (3), получим для суточных значений суммарного испарения зависимость

$$E = \bar{c}_0 \cdot \ln 2,182 \left(\frac{z_p}{h} \right)^{0,353} \quad (5)$$

Для декадных значений испарения получим зависимость

$$E = \bar{c}_0 \cdot \ln 2,691 \left(\frac{z_p}{h} \right)^{0,358} \quad (6)$$

Здесь z_p — средняя глубина расчетного слоя, м.

Таким образом, полученные уравнения позволяют нам рассчитать суммарное испарение при существующих режиме влажности почвы и глубине грунтовых вод.

В ы в о д ы

I. Суммарное испарение находится в линейной зависимости от потенциала влажности почвы во всем диапазоне оптимальных влагозапасов. Тесная корреляционная связь испарения с потенциалом влажности почвы наблюдается для всей зоны аэрации, включая корнеобитаемую зону.

2. Во всем диапазоне влажности корнеобитаемого слоя отмечается логарифмическая зависимость суммарного испарения от влажности.

3. Установлено, что существует устойчивая функциональная связь потенциала влажности с глубиной залегания грунтовых вод.

4. Суточные значения связи параметра α с суточным ходом потенциала влаги в почве обнаруживают существенную зависимость связи от испаряемости. Здесь наблюдается обратная связь. В результате вышесказанного были выделены связи для трех групп суточной испаряемости: максимальной, средней и минимальной. Это явление объясняется способностью растения регулировать суточный процесс транспирации в зависимости от напряженности метеословий.

На основе проведенных исследований получены уравнения, позволяющие рассчитать суммарное испарение (суточное или декадное) при известной глубине залегания грунтовых вод и оценить, какая часть грунтовых вод используется на водопотребление.

Л и т е р а т у р а

1. Ал п а т ь е в А.М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометеиздат, 1954.
2. Б у д н к о М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л., Гидрометеиздат, 1956.
3. Б у д а г о в с к и й А.И. Испарение почвенной влаги. М., "Наука", 1964.
4. Х а р ч е н к о С.И. Гидрология орошаемых земель. Л., Гидрометеиздат, 1975.
5. С л е й ч е р Р. Водный режим растений. М., "Мир", 1970.
6. Ш р е д е р В.Р. и др. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах р.Сырдарьи и Амударьи. Ташкент, "Средазгипроводхлопок", 1968.
7. Ш а р о в И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., Сельхозгиз, 1952.

Е. КУРБАНБАЕВ, инженер
(САНИИРИ им. В. Д. Журина)

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЗОНЫ КК АССР ПО ТИПАМ И МОЩНОСТЯМ ДРЕНАЖА

Учитывая особенности литолого-геоморфологических и гидро-геологических условий северной зоны КК АССР, институтом "Узгипроводхоз" для массового производства было рекомендовано строительство открытого горизонтального дренажа. В проектных заданиях предусматривалась насосная откачка из коллекторов в крупные каналы, такие как Кегейли, Куванышджарма и др. Однако этот способ не оправдал себя в экономическом отношении, в связи с чем коллекторы были переведены на самотек и подключены к магистральному коллектору.

В настоящее время значительная часть коллекторно-дренажной сети, построенной по указанному проекту, не работает (особенно внутрихозяйственная) из-за оплывания откосов, заиления, зарастания и ряда других причин. Это доказывает невозможность повсеместного применения открытого горизонтального дренажа и необходимость разработки рекомендаций по строительству и эксплуатации других видов дренажа — горизонтального закрытого, вертикального и комбинированного.

С целью получения наиболее достоверных данных для расчета дренажа нами было проведено детальное районирование территории северной зоны КК АССР и выделены 18 типичных расчетных фильтрационных схем дренажа (рис. 1). При этом были использованы материалы глубокого бурения Каракалпакского пастбищно-мелиоративного треста, полевых исследований экспедиции САНИИРИ, а также картографические материалы "Узгипроводхоза" и "Средазгипроводхлопка".

Анализ имеющихся материалов показывает, что в северной зоне КК АССР наиболее распространено двухслойное строение водоносного пласта. Мощность верхних (слабопроницаемых пластов) покровных отложений колеблется от 1,5 до 10,0 м. Они отнесены к фильтрационным схемам типа А (B_1 , B_{1-1} , B_2 , B_3 , Π_1 , Π_2 , Π_4 , Π_{6-2}).

На значительной площади характерна фильтрационная схема

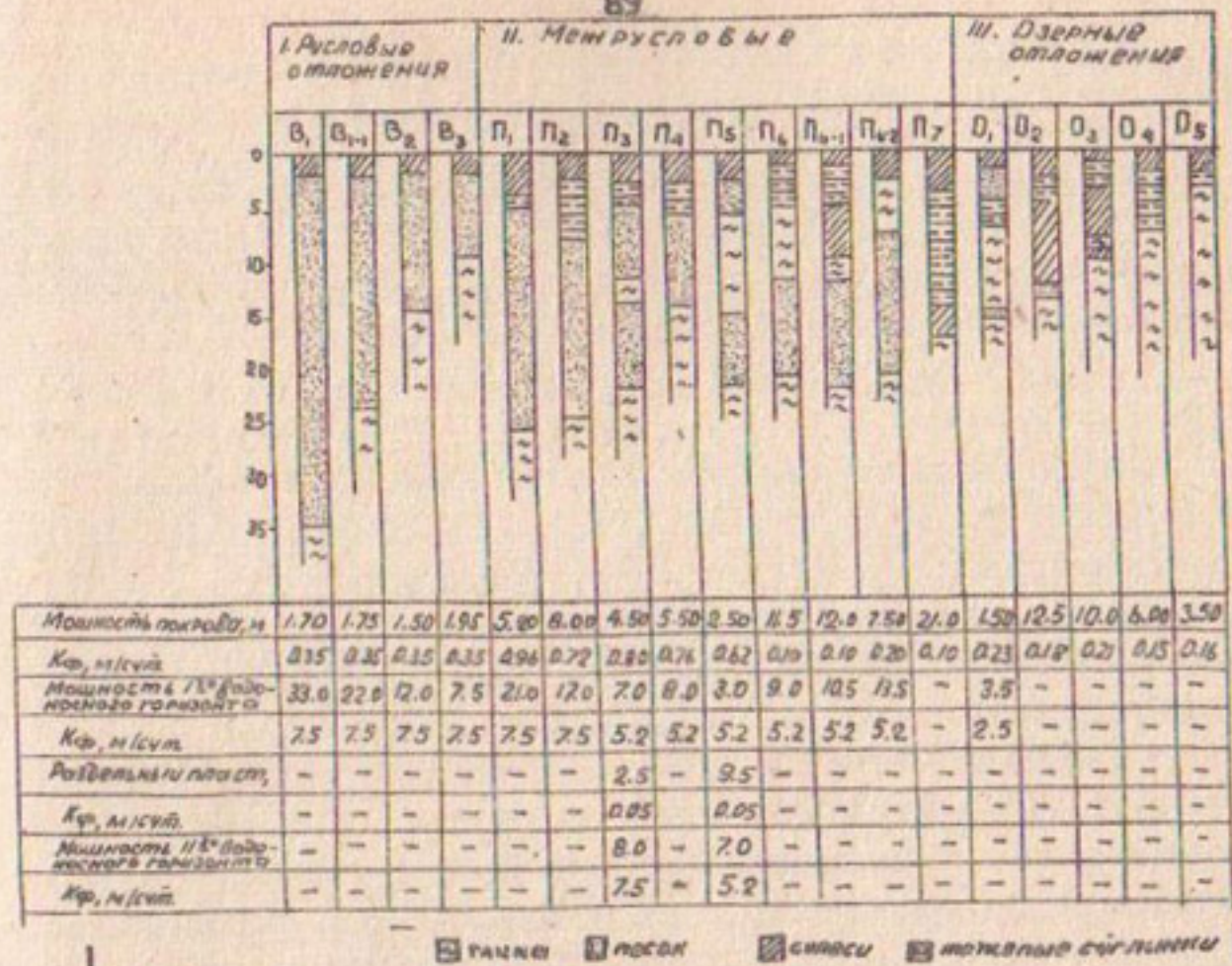


Рис. 1. Схема типизации литологического строения аллювиальных отложений территории северной зоны КК АССР.

типа Б (Π_3 , Π_5 , Π_{6-I}) двухпластового строения водоносного комплекса. В верхнем разрезе глинистых или суглинистых отложений залегают заметно более проницаемые слои песка и легких супесей, которые в расчетной схеме горизонтального дренажа часто относятся к I водоносному горизонту.

Отмечается также сравнительно однородное строение пласта различных мощностей супесей, суглинков, подстилаемых водоупорной толщей глин и тяжелых суглинков. Такая фильтрационная схема характерна для участков озерных и межрусловых отложений типа В (O_2 , O_3 , O_4 , O_5 , Π_7), где в профиле на большую глубину часто отсутствуют водоносные горизонты.

Учитывая гидрогеологические условия и степень минерализации грунтовых вод, а также природно-климатические факторы, величину оптимальной глубины грунтовых вод можно принять равной 2,2-2,8 м, соответственно глубина заложения дрен должна быть не ме-

нее 3,0 м.

Однако плавунность грунтов дельты Амударьи и другие неблагоприятные условия создают большие трудности при сохранении проектных параметров дренажных сетей. На многих песчаных участках углубление дрен до 2,8–3,0 м приводит к резкому оплыванию откосов и требует ежегодной очистки. Поэтому открытые горизонтальные дренажи в этих условиях целесообразно заменять закрытой сетью.

Результаты исследований работы дренажных устройств в Хорезмской области в грунтах легкого механического состава (идентичные условия в северной зоне; схемы B_1 , B_{1-1} , B_2 , B_3 с аллювиальными отложениями мощностью 1,5–2,5 м, подстилаемые 16-метровой толщей серого песка) показали преимущество закрытого горизонтального дренажа над открытым [1].

В Ташаузской области Туркменской ССР [2], находящейся в идентичных природно-климатических условиях с Каракалпакией, видны преимущества комбинированного дренажа, позволяющего в 2–3 раза увеличить модуль дренажного стока и междренные расстояния и сократить стоимость строительства дренажа в 1,5–2 раза.

Следовательно, в условиях северной зоны КК АССР возможно применение горизонтального закрытого, комбинированного и других видов дренажа с учетом разнообразия механического состава.

Отсюда определена типизация различных видов расчетных фильтрационных схем по применению соответствующих типов дренажа и выделены 3 района.

Для первого района – А (B_1 , B_{1-1} , B_2 , B_3 , Π_1 , Π_5) наиболее эффективным следует считать горизонтальный закрытый дренаж, так как рельеф и литологическое строение (песчаные плавунны, пески большой мощности) не только препятствуют заложению горизонтального открытого дренажа, но и крайне осложняют его эксплуатацию.

Район Б (Π_2 , Π_3 , Π_4 , Π_{6-1} , Π_{6-2}) – с переслаивающимися суглинками, супесями (местами встречаются глины) мощностью от 5 до 15 м, с низким коэффициентом фильтрации (0,1–0,5 м/сут). В этих условиях горизонтальный дренаж малоэффективен. При условии, что $K_H/K_B > 10$, целесообразно применение комбинированного дренажа.

Для района В характерны переслаивающиеся суглинки, супеси и глины с тяжелым механическим составом большой мощности; практически отсутствует водоносный горизонт по всему профилю (Π_7 , O_2 , O_3 , O_4 , O_5). Для этой территории можно рекомендовать только горизонтальный дренаж.

Районирование территории по типам дренажа приведено на рис.2.

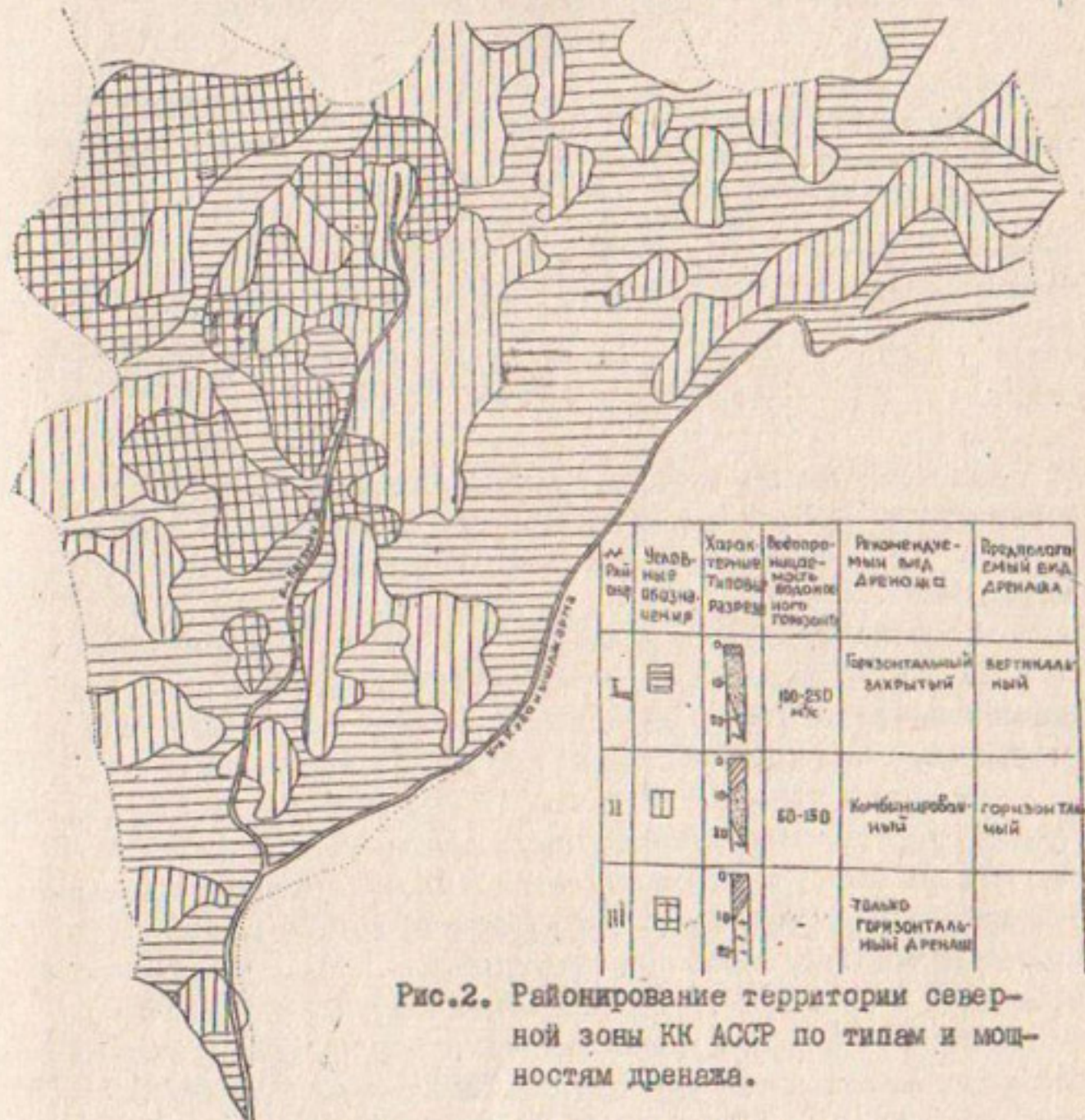


Рис.2. Районирование территории северной зоны КК АССР по типам и мощностям дренажа.

Среднегодовая величина нагрузки на дренаж эксплуатационного периода была установлена по рекомендуемым режимам орошения института "Средазгипроводхлопок" [3] с учетом профилактических промывных поливов нормами 2000-2800 м³/га для хлопкового комплекса (табл.1).

При расчетах нагрузки на дренаж величины КПД каналов были

приняты следующие — 0,56 существующие, 0,65 и 0,75 — перспективные.

Т а б л и ц а I

Рекомендуемые нормы оросительных и профилактических поливов ($\text{м}^3/\text{га}$) и расчетные величины дренажного модуля (q) на эксплуатационный период

Тип от- ложений	Нормы поливов		КПД					
	ороси- тельные	: профи- лакти- ческие	0,56		0,65		0,75	
			q	W	q	W	q	W
			$\frac{\text{л}}{\text{с}}$ га	$\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$\frac{\text{л}}{\text{с}}$ га	$\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$\frac{\text{л}}{\text{с}}$ га	$\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
Русловые	5200	2000	0,190	0,0016	0,137	0,0013	0,089	0,0008
Межрус- ловые	4890	2500	0,182	0,0015	0,130	0,0010	0,083	0,0007
Озерные	3970	2800	0,152	0,0013	0,090	0,0009	0,058	0,0005

Расчет мощности дренажа при заданной нагрузке (табл. I) производился по формулам С.Ф. Аверьянова, М. Местакова и других авторов. Основные типы фильтрационных расчетных схем дренажа приведены на рис. 3.

Результаты расчетов показали, что для типовых расчетных схем (B_1 , B_{1-1} , B_2 , B_3), где рекомендован закрытый дренаж, при заданной нагрузке для эксплуатационного периода значения междренних расстояний колеблются от 658 до 1130 м (табл. 2).

Для более тяжелых типовых расчетных схем (Π_2 , Π_3 , Π_4 , Π_6 , Π_{6-1} , Π_{6-2}), где ниже проектируемого уровня заложения горизонтального дренажа вскрыты слои глин и тяжелых суглинков мощностью 3–5 м с низким коэффициентом фильтрации 0,05–0,09 м/сут. а еще

$$\alpha = \frac{2 \frac{b_{h, \max}}{B_{m, \text{нзм}}} - 1}{\frac{b_{h, \max}}{B_{m, \text{нзм}}} + A \frac{b_{h, \max}}{B_{m, \text{нзм}}} - 1} \quad (31)$$

Преобразуя, получим

$$\alpha = \frac{2b_{h, \max} - B_{m, \text{нзм}}}{b_{h, \max} + Ab_{h, \max} - B_{m, \text{нзм}}} \quad (32)$$

Тогда для расчета β получим следующее выражение

$$\beta = \frac{A(2b_{h, \max} - B_{m, \text{нзм}})}{b_{h, \max} + Ab_{h, \max} - B_{m, \text{нзм}}} \quad (33)$$

УДК 626.833:532

Беглов И.Ф.

УКЛИ НАСОСНИНГ ИШЧИ ПАРРАКЛАРИ ОЛДИДА БУРАЛТИРИБ ОКИЗИЛАДИГАН ОКИМЛАРНИНГ ГИДРОМЕХАНИК ТУЗИЛИШИ

Беглов И.Ф.

СТРУКТУРА ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИ ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА ПЕРЕД РАБОЧИМ КОЛЕСОМ ОСЕВОГО НАСОСА

Ишчи парраклар олдидаги оқимнида тезлик моменти гидромеханик усули билан яратилган бўлиб, қаттиқ парракли ўқли насосларнинг сўриш қувурида оқимларни гидравлик тузилишлари ўрганилиб, экспериментал натижалари берилган.

Движение потока, носящее винтообразный характер с переменным расходом, представляет большой интерес для разработки новых технологий, связанных с автоматизацией работы насосных установок.

При регулировании подачи осевых жестколопастных насосов способом "перепуск с подкруткой" винтообразное движение основного потока возникает при соединении его поступательного движения с вращательным в створе присоединения перепускаемого расхода. Скачкообразный характер появления циркуляционного течения определяет качественное изменение структуры потока. Вследствие присоединения массы жидкости с нормальной составляющей к оси потока движение его носит характер повышенной нестационарности.

Исследованием были охвачены случаи напорного движения потока при поступлении присоединяемого расхода через трехмерные (прямоугольные) инжекторные сопла, расположенные параллельно оси на некотором расстоянии друг от друга в одном поперечном сечении. Измерение скоростей и давления перед рабочим колесом насоса было проведено в плоскости, перпендикулярной оси всасывающей трубы.

Исследования были проведены на насосе ОГ 8-25, оснащенном устройством регулирования подачи с дроссельной заслонкой в перепускном трубопроводе. Измерения окружных скоростей проводились при помощи гидродинамического флюгера [1]. Для измерения затухания закрутки между устройством закручивания потока и рабочим колесом был смонтирован патрубок длиной 260 мм. Четыре флюгера были расположены на расстоянии 100 и 250 мм от среза сопел тангенциального подвода попарно в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В результате обработки экспериментальных данных были получены обобщенные характеристики закрученного потока: окружная составляющая скорости V_{u1} , циркуляция скорости Γ_1 , интенсивность поперечной циркуляции $tg\alpha$, статическая составляющая $P_{\text{вак}}$ вакуумметрического давления $H_{\text{вак}}$.

Вектор скорости V в каждой точке замера проектировался по координатам: Z - ось всасывающей трубы, U - ось, направленная по касательной к точке замера. Положительная проекция вектора V_z направлена по направлению течения потока во всасывающей трубе, вектора V_u - в сторону вращения рабочего колеса.

На рис. 1 представлено распределение по радиусу всасывающего трубопровода угла отклонения α вектора скорости закрученного потока от оси всасывающего трубопровода. Как видно, чем больше угол открытия дроссельной заслонки φ , тем больше поток, особенно у периферии, приобретает явно выраженную закрутку, усиливающуюся как по интенсивности $\overline{C_{u1}}$, так и по проникновению вглубь от периферии к оси.

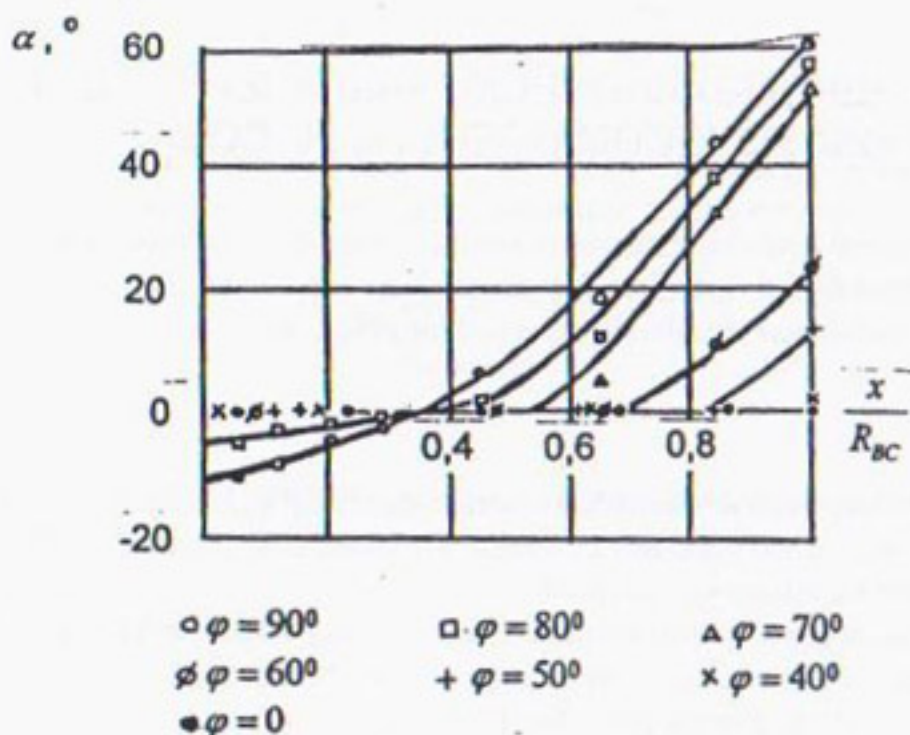


Рис. 1. Изменение угла крутки потока вдоль радиуса всасывающего трубопровода

Характеристикой интенсивности поперечной циркуляции служит тангенс угла скоса траектории струи относительно осевой линии трубы - $tg\alpha$. Эта величина в большинстве случаев достаточно точно не только качественно, но и количественно отража-

ет структуру закрученного потока, характеризуя отношение между поперечной V_{v1} и продольной V_{z1} составляющими вектора скорости в рассматриваемой точке:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{v1}}{V_{z1}}, \quad (1)$$

где

V_{z1} - осевая составляющая скорости закрученного потока (среднее значение), м/с.

Распределение по радиусу всасывающего трубопровода интенсивности поперечной циркуляции $\operatorname{tg} \alpha$ показано на рис. 2.

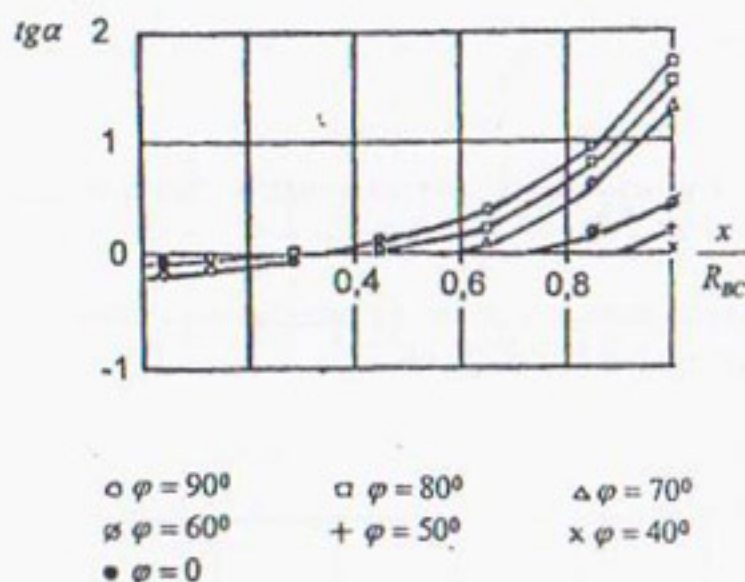


Рис. 2. Изменение окружной составляющей скорости закрученного потока по радиусу всасывающего трубопровода

Энергия закрученного потока гасится главным образом за счет потерь на вихреобразование по всей толще потока и потерь по длине в результате трения о стенки трубы. Результатом гашения энергии закручивания будут малые угол закручивания потока α и интенсивность поперечной циркуляции $\operatorname{tg} \alpha$, что иллюстрирует рис. 3.

Окружная составляющая скорости V_{v1} рассчитывалась по формуле

$$V_{v1} = \frac{Q_{uc} + Q_{п}}{\pi R_{вс}^2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где

Q_{uc} - подача насосной установки, м³/с;

$Q_{п}$ - перепускаемый расход, м³/с;

$R_{вс}$ - радиус всасывающего трубопровода в сечении перед рабочим колесом, м.

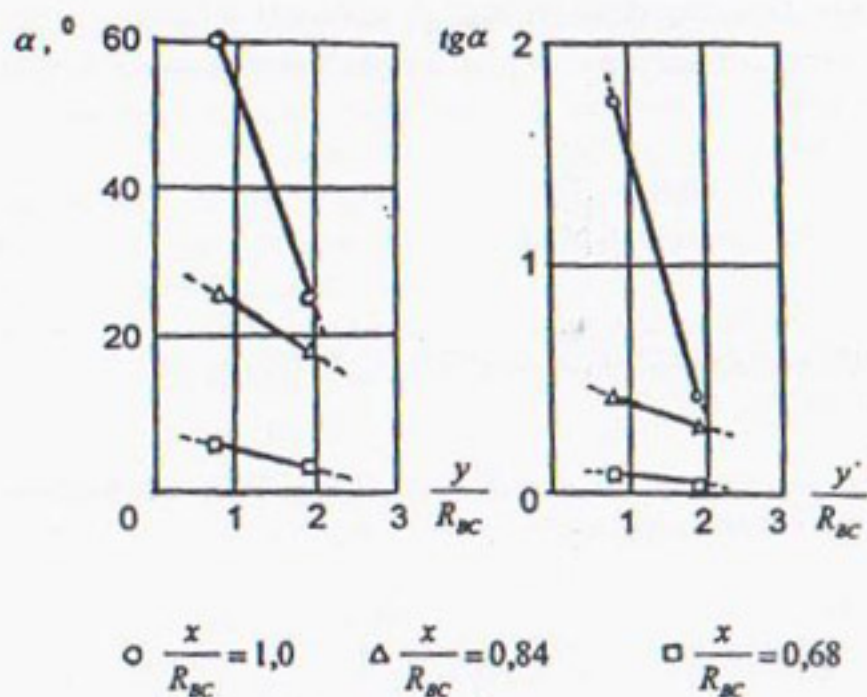


Рис. 3. Изменение угла крутки и интенсивности поперечной циркуляции вдоль оси

На рис. 4 представлено распределение по радиусу всасывающего трубопровода окружной составляющей скорости V_{ul} закрученного потока.

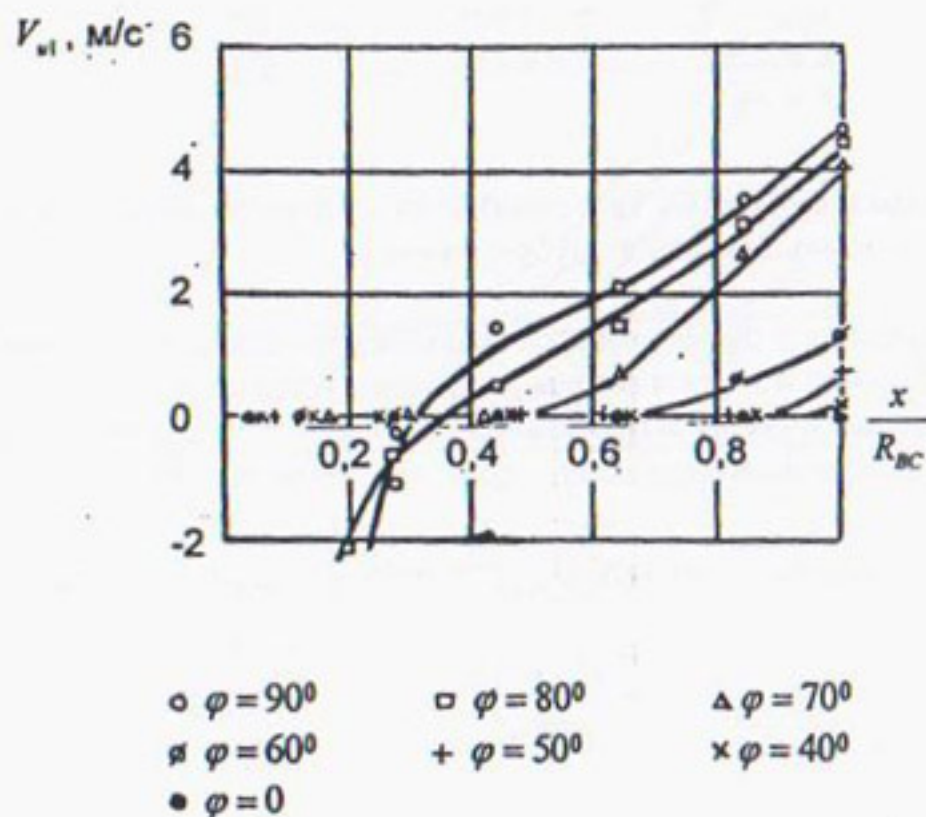


Рис. 4. Изменение окружной составляющей скорости закрученного потока по радиусу всасывающего трубопровода

Окружные составляющие скорости V_{u1} растут от оси к периферии и достигают максимума вблизи стенки всасывающего трубопровода. При углах установки дроссельной заслонки в перепускном трубопроводе, близких к полному открытию, окружные составляющие скорости вблизи оси всасывающего трубопровода имеют отрицательные значения. На таких режимах закрутка потока различна по сечению: периферийные участки потока имеют закрутку в сторону вращения рабочего колеса, а центральный (зона приосевой рециркуляции) - в противоположную. Область, в которой окружные составляющие скорости равны нулю, расположена примерно на одной трети радиуса всасывающего трубопровода, считая от его оси.

На рис. 5 показано распределение по радиусу всасывающего трубопровода циркуляции скорости Γ_1 перед рабочим колесом.

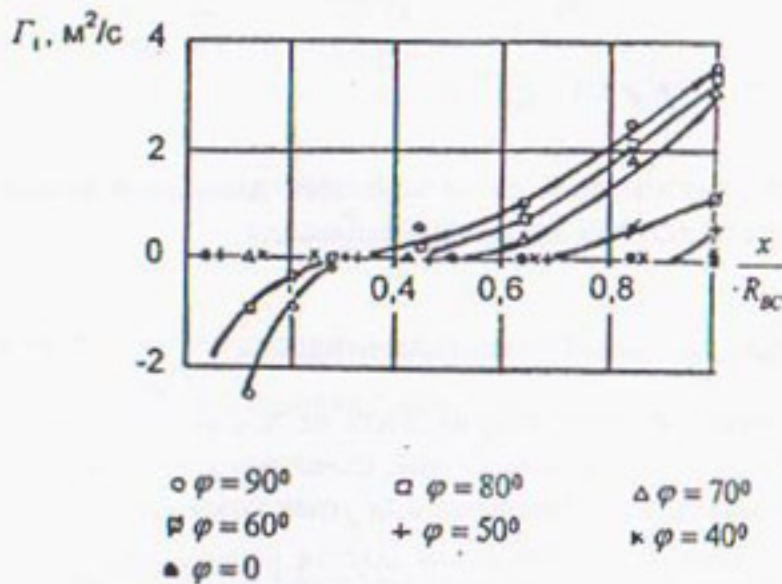


Рис. 5. Изменение циркуляции скорости закрученного потока по радиусу всасывающего трубопровода

Значение Γ_1 определялось по формуле

$$\Gamma_1 = 2\pi R_{вс} V_{u1}. \quad (3)$$

Как видно, циркуляция скорости Γ_1 имеет характер, подобный характеру V_{u1} .

Статическая составляющая $P_{вак}$ вакуумметрического напора $H_{вак}$ рассчитывалась по выражению

$$P_{вак} = \gamma \left(H_{вак} - \frac{V_{z1}^2}{2g} \right) \quad (4)$$

Распределение по радиусу всасывающего трубопровода статической составляющей вакуумметрического давления показано на рис. 6.

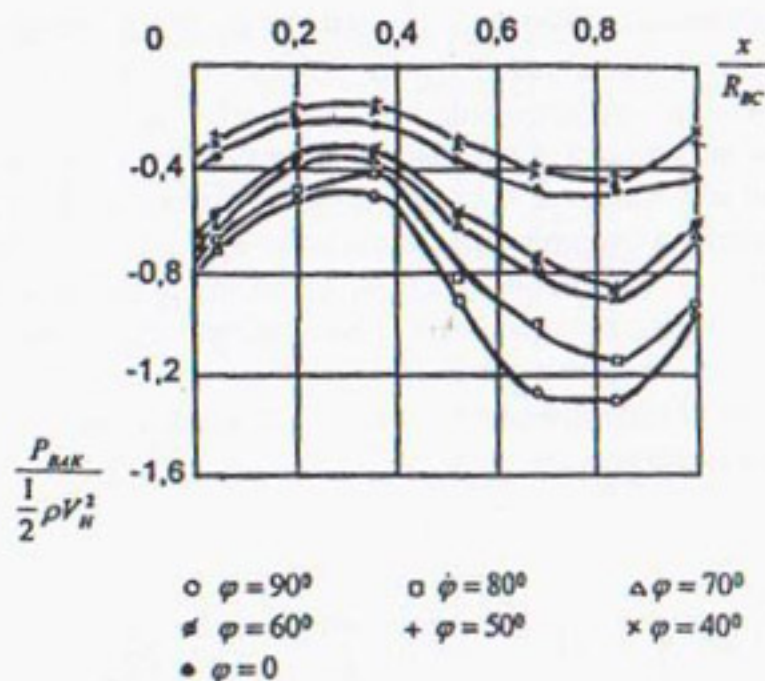


Рис. 6. Изменение статической составляющей давления перед рабочим колесом по радиусу всасывающего трубопровода

В [2] показано, что при малых степенях открытия ($\frac{\varphi}{\varphi_{\max}} < 0,5$) дроссельной заслонки в перепускном трубопроводе закручивания не происходит и регулирование подачи осуществляется только перепуском. Этим, по-видимому, и объясняется возрастание давления во всасывающем трубопроводе при углах открытия $\varphi = 40 \dots 50^\circ$ - эффект, аналогичный эжектированию. С увеличением крутки разрежение увеличивается. Наименьшее разрежение наблюдается на расстоянии примерно одной трети радиуса всасывающего трубопровода, считая от его оси - в области, где $V_{u1} = 0$. Максимум разрежения находится на некотором удалении от стенки всасывающего трубопровода.

Интенсивность закрутки $\overline{C_{u1}}$ определялась по зависимости

$$\overline{C_{u1}} = \frac{V_{u1}}{u_1}, \quad (5)$$

где

u_1 - переносная скорость потока перед рабочим колесом, м/с;

$$u_1 = \frac{\pi n}{30} R_{vc}; \quad (6)$$

n - частота вращения рабочего колеса насоса, мин^{-1} .

Коэффициент закручивания $\overline{v_{u1}}$ можно определить из уравнения моментов количества движения для жидкости, инжектируемой из сопел и поступающей на рабочее колесо

$$\rho Q_n V_{vx} R_{vc} = \rho (Q_n + Q_{yc}) V_{u1} R_{vc}. \quad (7)$$

Откуда

$$\overline{v_{u1}} = \frac{V_{u1}}{V_{vx}} = \frac{Q_n}{Q_n + Q_{yc}}, \quad (8)$$

где

V_{BX} - средняя скорость истечения перепускаемого расхода из сопел тангенциального подвода.

Зависимости интенсивности закрутки и коэффициента закручивания от отношения расходов взаимодействующих потоков приведены на рис. 7.

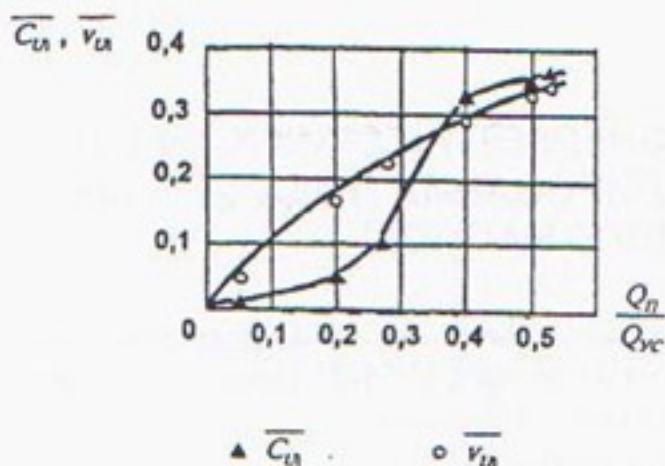


Рис. 7. Зависимость интенсивности закрутки $\overline{C_{u1}}$ и коэффициента закручивания $\overline{v_{u1}}$ от отношения расходов перепускаемого и основного потоков

Полученные зависимости дают представление об изменении структуры течения вращающегося потока во всасывающем патрубке за одним и тем же закручивающим устройством. Строение потока перед рабочим колесом определяется величинами расходов взаимодействующих потоков — $Q_{ос}$, Q_p и степенью открытия регулирующего органа — дроссельной заслонки $\frac{\varphi}{\varphi_{max}}$. Эти параметры тесно связаны между собой: увеличение (уменьшение) последних двух ведет к уменьшению (увеличению) первого. Изменение степени открытия дроссельной заслонки приводит к качественному изменению соотношения между расходными V_z и окружными V_u составляющими скорости, причем при увеличении $\frac{\varphi}{\varphi_{max}}$ окружные составляющие меняют характер своего распределения по сечению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беглов И.Ф. Исследование закрутки потока перед рабочим колесом осевого насоса // Проблемы механики (Ташкент). - 1996. - № 4. - С. 34-37.
2. Беглов И.Ф. Балансовые исследования устройства регулирования подачи воды осевого насоса // Мелиорация и водное хозяйство. - Ташкент, 1997. - С. 65-74. - (Сб. науч. тр. / САНИИРИ).

ЎҚЛИ ҚАТТИҚ ПАРРАКЛИ НАСОСЛАРДА СУВ УЗАТИШНИ БОШҚАРАДИГАН МОСЛАМАЛАРНИ ЭНЕРГЕТИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ ЎРГАТИШ

Беглов И.Ф.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ОСЕВОГО ЖЕСТКОЛОПАСТНОГО НАСОСА

Гидромеханик усул билан ишчи парраklar олдида тезлик моментини яратувчи ("бураб қайта ўтқазини") ОГ 8-25 ўқли қаттиқ парракли насосда сув узатишини бошқарадиган мосламаларни икки варианты ўрганилиб, экспериментал натижалари келтирилган.

Важными энергетическими характеристиками процесса смешения потоков перед рабочим колесом осевого насоса при его регулировании способом "перепуск с подкруткой" являются изменение количества движения и кинетической энергии в процессе обмена масс перепускаемого и основного (закручиваемого) потоков. В результате взаимодействия двух струй происходит большая потеря начальной кинетической энергии перепускаемого потока на удар, трение и турбулентное перемешивание.

Исследования были проведены на насосе ОГ 8-25 (при $n = 980 \text{ мин}^{-1}$), оснащенном устройством регулирования подачи способом "перепуск с подкруткой". Были исследованы два конструктивных варианта устройства регулирования подачи - с дроссельной заслонкой в перепускном трубопроводе [1] и подвижными стенками сопел тангенциального подвода [2]. Полученные результаты сравнивались между собой.

Геометрические размеры устройств регулирования подачи: диаметр перепускного трубопровода $D_{\Pi} = 140 \text{ мм}$, ширина сопла $b = 150 \text{ мм}$, количество сопел $z_c = 8$. В первом варианте устройства регулирования подачи высота сопла h была постоянной, равной 12 мм, во втором варианте - варьировала от 0 до 16 мм.

Все исходные данные для определения энергетических характеристик устройств регулирования подачи были получены экспериментально. При проведении опытов измерялись: подача и напор насосной установки, расход в перепускном трубопроводе, высота всасывания, угол отклонения вектора скорости закрученного потока от оси всасывающего трубопровода.

На рис. 1 показаны обобщенные зависимости расхода в перепускном трубопроводе Q_{Π} , угла отклонения α вектора скорости закрученного потока от оси всасывающего трубопровода, осредненного количества движения перепускаемого потока K_{Π} и удельной кинетической энергии осредненного потока на выходе из сопел E_K от степени открытия регулирующего органа - дроссельной заслонки (а) и сопел с подвижными стенками (б).

Из сравнения представленных зависимостей видно, что перепускаемый расход во втором варианте устройства регулирования подачи формируется более плавным, что влечет за собой такое же плавное изменение зависящих от него параметров. Нелиней-

ность и большая величина гидравлического сопротивления дроссельной заслонки в начальный период ее открытия в первом варианте устройства обуславливают "скачкообразное" возрастание перепускаемого расхода.

Величина регулирования насоса способом "перепуск с подкруткой" зависит от двух составляющих: величины перепускаемого расхода (определяет "количественное" изменение параметров насосной установки) и степени закрутки потока перед рабочим колесом (сопровождается "качественным" изменением характеристики насоса). Определить удельный вес каждой из этих составляющих при регулировании подачи насосной установки можно следующим образом.

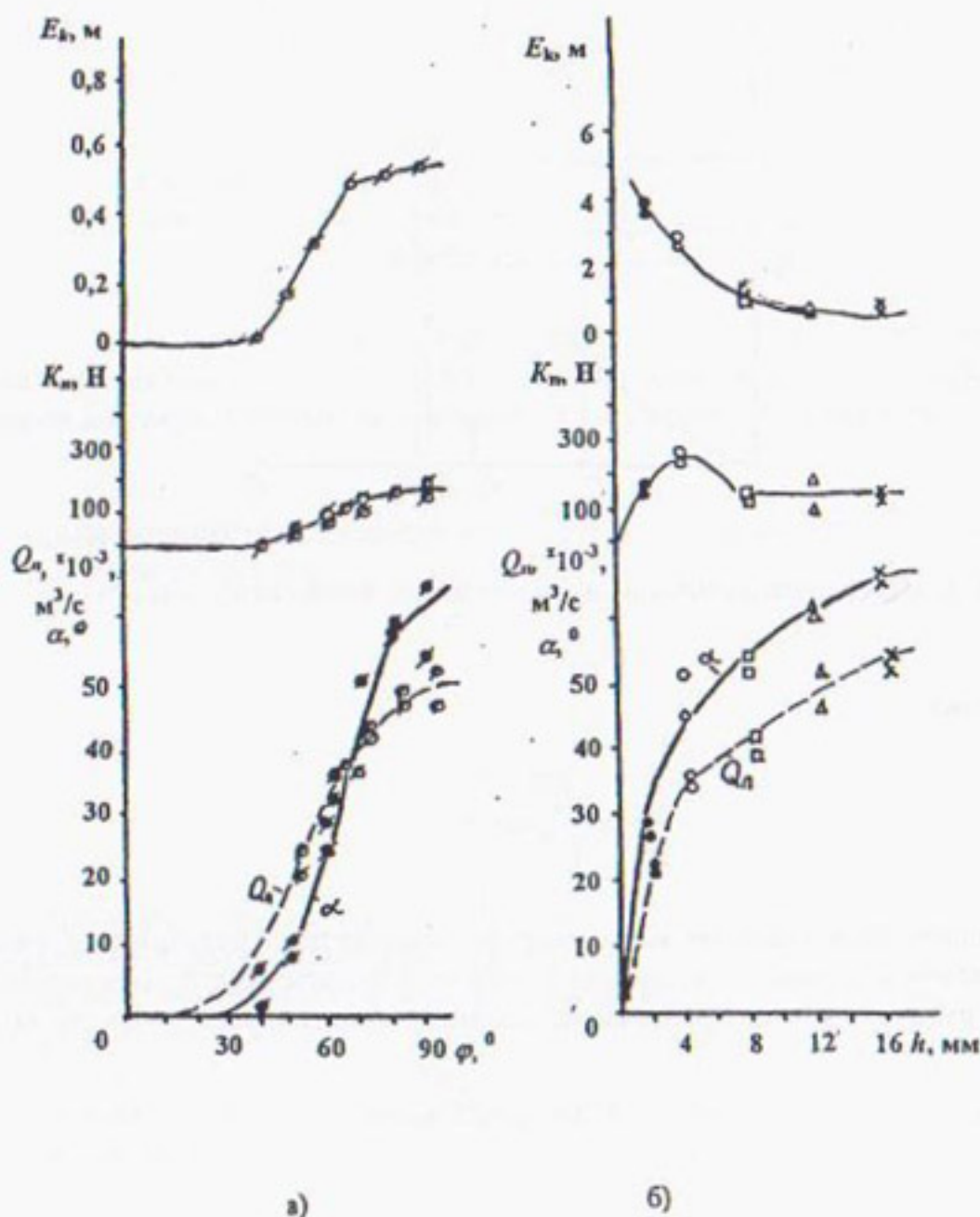


Рис. 1 Зависимости Q_n , α , K_n и E_k от степени открытия регулирующего органа для двух вариантов устройства регулирования подачи

На рис. 2 схематически изображены напорная характеристика 1 нерегулируемого насоса (рабочая точка А) и характеристика 2, соответствующая максимальному ре-

гулированию, т. е. при максимальном перепускаемом расходе (рабочая точка В). Если к каждой точке характеристики по оси абсцисс 2 прибавить величину перепускаемого расхода, получим напорную характеристику 3 для случая, когда $Q_{\Pi} = 0$ (точка В'). Разница в подачах между характеристиками 1 и 3 представляет собой изменение характеристики насоса вследствие закручивания потока перед рабочим колесом.

Для вычисления уменьшения частоты вращения рабочего колеса отложим кривую пропорциональности 4, проходящую через точку А. Точка пересечения кривых 3 и 4 (точка С) будет соответствовать оптимальному режиму насоса, работающему при данной частоте вращения рабочего колеса.

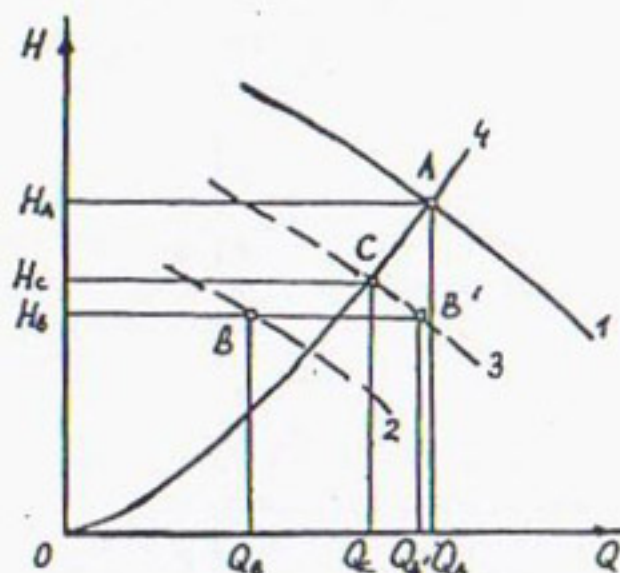


Рис. 2. К определению влияния закрутки на параметры насоса

Известно, что

$$\frac{Q_c}{Q_A} = \sqrt{\frac{H_c}{H_A}} = \frac{n_3}{n_1}. \quad (1)$$

При проведении расчетов из-за влияния на конечный результат погрешностей измерения подачи и напора за истинную величину относительного уменьшения частоты вращения рабочего колеса принималась среднеарифметическая этих величин:

$$\frac{n_3}{n_1} = \frac{1}{2} \left[\frac{Q_c}{Q_A} + \left(\frac{H_c}{H_A} \right)^{1/2} \right]. \quad (2)$$

По данной методике были получены зависимости $Q = f(H)$ на переменных режимах работы насосной установки. На основе этих расчетов был определен удельный вес уменьшения подачи от закручивания ΔQ_3 в общем снижении подачи $\Delta Q_{\text{ус}}$ при регулировании "перепуском с подкруткой" (рис. 3).

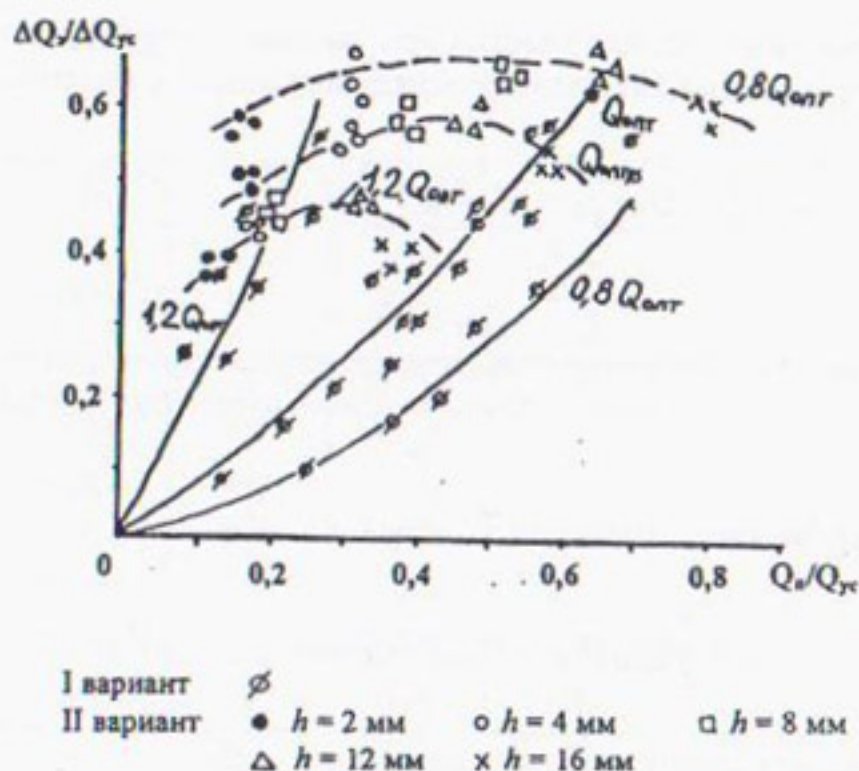


Рис. 3. Сводный график зависимости удельного веса влияния закрутки на параметры насоса от отношения расходов взаимодействующих потоков для двух вариантов устройства регулирования подачи

Секундные количества движения основного и перепускаемого потоков определяются по известным формулам

$$K_{yc} = \frac{4 \rho Q_{yc}^2}{\pi D_{вс}^2}, \quad (3)$$

$$K_n = \frac{\rho Q_n^2}{z_c b h}, \quad (4)$$

где

Q_{yc} - подача насосной установки, м³/с;

Q_n - расход в перепускном трубопроводе, м³/с;

$D_{вс}$ - диаметр всасывающего патрубка насоса, м;

ρ - плотность воды, кг/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

b, h - ширина и высота соплового отверстия тангенциального подвода, м;

z_c - количество сопел.

Секундная кинетическая энергия основного и перепускаемого потоков соответственно находятся из выражений

$$\mathcal{E}_{yc} = \frac{8 \rho Q_{yc}^3}{\pi^2 D_{вс}^4}, \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_n = \frac{\rho Q_n^3}{2 (z_c b h)^2}. \quad (6)$$

Вся потерянная кинетическая энергия при смешении струй перепускаемого потока с основным определяется как разница между начальной и конечной энергией по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} = \frac{\rho}{2} [(Q_H V_{H\Phi}^2 - Q_{\text{УС}} V_{\text{УС}}^2) + (Q_H V_H^2 - Q_H V_{H\Phi}^2)], \quad (7)$$

где

$$Q_H = Q_{\text{УС}} + Q_H,$$

V_H - средняя скорость истечения перепускаемого расхода из сопел;

$V_{\text{УС}}$ - средняя скорость течения потока во всасывающей трубе насосной установки.

Потери на удар можно определить по теореме Л. Карно

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\rho}{2} [Q_H (V_H - V_{H\Phi})^2 + Q_{\text{УС}} (V_{\text{УС}} - V_{H\Phi})^2]. \quad (8)$$

Потери на трение и перемешивание определяются как

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{\text{пот}} - \mathcal{E}_{\text{уд}}. \quad (9)$$

Энергию импульса перепускаемого потока можно представить в виде

$$W_H = \rho Q_H V_H^2. \quad (10)$$

Однако энергия возмущающей силы (перепускаемого потока) не может служить характеристикой возмущения потока во всасывающей трубе, поскольку последний сам обладает некоторой энергией:

$$W_{\text{УС}} = \rho Q_{\text{УС}} V_{\text{УС}}^2. \quad (11)$$

В качестве "показателя возмущения" была принята безразмерная величина отношения энергий взаимодействующих потоков

$$\Pi = \frac{W_H}{W_{\text{УС}}} = \left(\frac{Q_H}{Q_{\text{УС}}} \right)^3 \left(\frac{\pi D_{\text{вс}}^2}{4 z_c b h} \right)^2. \quad (13)$$

В таблицах 1 и 2 представлены результаты расчетов по формулам (3)-(7) соответственно для первого и второго вариантов устройства регулирования подачи.

Таблица 1

Расчетные данные для первого варианта устройства регулирования подачи

Угол поворо- та заслонки $\varphi, ^\circ$	$Q_{п},$ $м^3/с$	$V_{п},$ $м/с$	$Q_{ус},$ $м^3/с$	$V_{ус},$ $м/с$	$\mathcal{E}_{пот},$ Дж	$\mathcal{E}_{уд},$ Дж	$\mathcal{E}_т,$ Дж
0	0	0	0,144	2,9	-	-	-
40	0,01	0,7	0,14	2,0	276,71	30,92	245,79
50	0,026	1,8	0,132	2,7	412,33	44,76	367,57
60	0,036	2,5	0,12	2,4	440,33	40,80	399,53
70	0,044	3,1	0,107	2,2	434,72	43,15	391,56
80	0,045	3,1	0,096	2,0	357,17	41,86	315,30
90	0,046	3,2	0,09	1,8	325,92	43,70	282,22

Таблица 2

Расчетные данные для второго варианта устройства регулирования подачи

Высота сопла $h, мм$	$S,$ $м^2$	$Q_{п},$ $м^3/с$	$V_{п},$ $м/с$	$Q_{ус},$ $м^3/с$	$V_{ус},$ $м/с$	$\mathcal{E}_{пот},$ Дж	$\mathcal{E}_{уд},$ Дж	$\mathcal{E}_т,$ Дж
2	0,0024	0,021	8,8	0,131	2,7	412,33	346,97	65,35
4	0,0048	0,035	7,3	0,115	2,3	465,90	342,53	123,35
8	0,0096	0,038	4,0	0,102	2,1	340,47	53,71	286,76
12	0,0144	0,046	3,2	0,098	2,0	385,70	44,69	341,01
16	0,0192	0,054	2,8	0,093	1,9	428,68	57,42	371,26

На рис. 4 представлены балансовые характеристики процесса смешения потоков перед рабочим колесом.

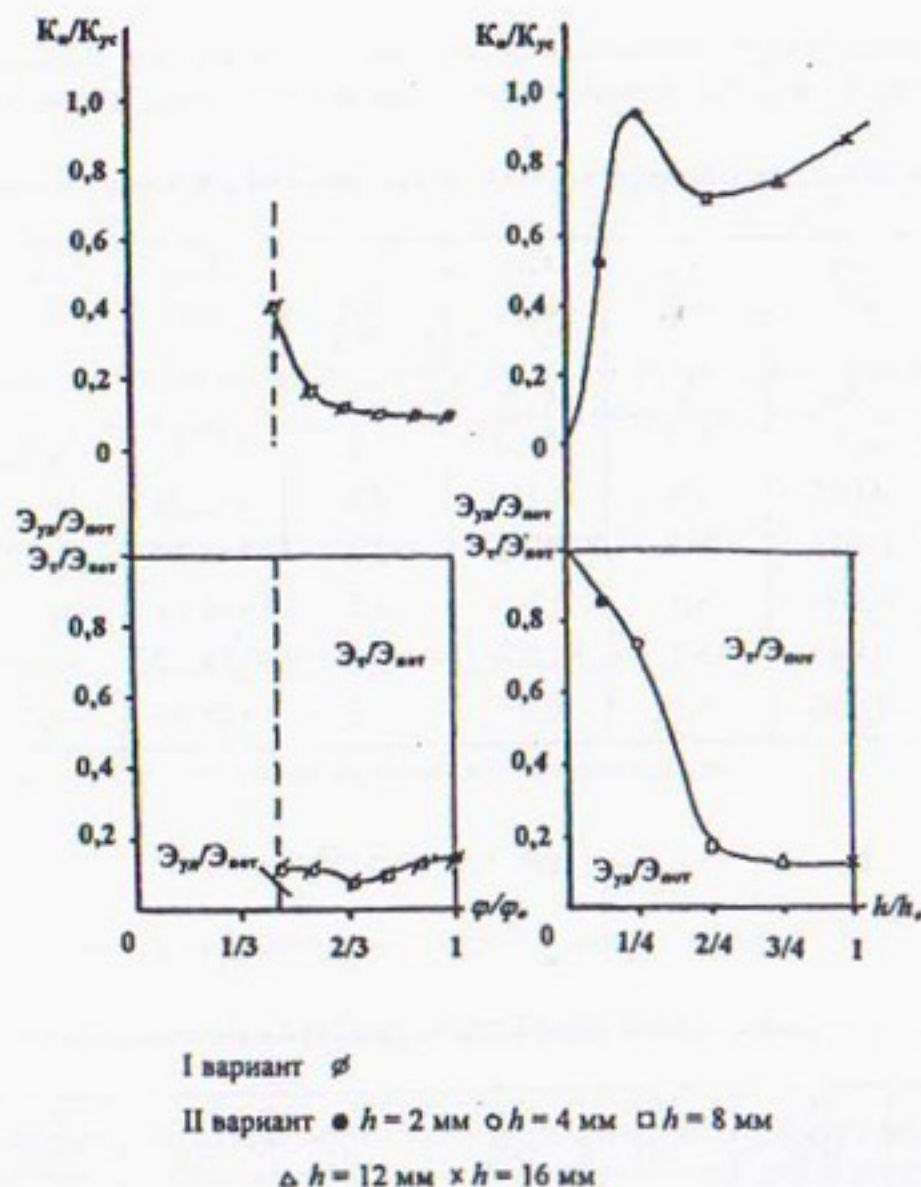


Рис. 4. Баланс потерь при смешении потоков для двух вариантов устройства регулирования подачи

При рассмотрении данных, представленных на рис. 1, 3, 4 и в табл. 1 и 2, обращают на себя внимание следующие факты:

1. Кинетическая энергия осредненного потока на выходе из сопел при регулировании расхода перепускаемого потока дроссельной заслонкой оказывается меньше, чем при регулировании соплами с подвижной стенкой. Исследованиями [3] установлено, что это происходит из-за значительного гашения энергии перепускаемого потока на дроссельной заслонке.

2. Более полное использование энергии перепускаемого потока выражается в увеличении отношения (удельного веса закрутки в балансе способа регулирования) в зависимости от отношения расходов (масс) взаимодействующих потоков.

3. За счет уменьшения потерь напора в проточной части устройства регулирования подачи удастся повысить коэффициент использования энергии перепускаемого потока.

4. При малых степенях открытия сопел: скорости истечения потока велики, массы сравнительно малы, потери на удар преобладают над потерями на турбулентное перемешивание. При большом открытии сопел: массы велики, скорости истечения малы, потери на турбулентное перемешивание преобладают над потерями на удар.

Полученные энергетические зависимости взаимодействующих потоков позволили выявить "слабые места" конструкций таких устройств регулирования подачи с целью их дальнейшего совершенствования, а полученные знания могут оказаться полезными при изучении свойств закрученных потоков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство на полезную модель № 41 (UZ), МПК 6 F 04 D 29/40. Осевой жестколопастной насос с регулируемой подачей // В.Н.Машков, Р.А.Усманов, И.Ф.Беглов; Среднеаз. н.-и. ин-т ирригации. - № FMGU 950007.1ГФ; Заявл. 12.05.95 // Официальный бюллетень. - 1995. - № 4. - С. 95.

2. Патент № 4223 (UZ), МПК 6 F 04 D 15/00. Жестколопастной насос с регулируемой подачей // В.Н.Машков, А.А.Кузьменко, И.Ф.Беглов; Среднеаз. н.-и. ин-т ирригации. - № INDP 9600751.1ГФ; Заявл. 07.08.96 // Официальный бюллетень. - 1997. - № 1. - С. 92-93.

3. Беглов И.Ф. Балансовые исследования устройства регулирования подачи осевого насоса // Мелиорация и водное хозяйство. - Ташкент, 1997. - С. 65-74. - (Сб. научн. тр. / САНИИРИ).

УДК 626.862:502.654

Бердянский В.Н.

ЁПИҚ ГОРИЗОНТАЛ ДРЕНАЖЛАРНИ НАЗАРИЯ ВА АМАЛИЁТДА ЭКСПЛУАТАЦИЯ ҚИЛИШНИНГ ЭКОЛОГИК МУАММОЛАРИ

Бердянский В.Н.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Мақолада ёпиқ горизонтал дренажларда таъмирлаш ишларини бажариш жараёнида келиб чиқадиган атроф-муҳит экологиясига таъсир қилувчи салбий оқибатлар масалалари кўрилди.

Назарий пайкаллаштириш шароитларида таъмирлаш ишларининг зарурлиги ҳақидаги ва қандай бўлмасин қайтаришларсиз лойиҳани бажаришнинг амалий масалалари кўтарилди.

Дренажларга оид қувур ўтказгичлар бўлинмаларида тупроқнинг механик-суффозия жараёнларини назарий тадқиқот қилиш ва дренаж қувур ўтказгичлари ёрдамида йиғиладиган сув оқими транспортлашган имкониятини назарий тадқиқот қилиш таърифланади.

Многолетняя практика эксплуатации закрытого дренажа в Узбекистане показывает, что процессы периодической очистки и ремонта его оказывает экологически вредное действие на орошаемые земли, находящиеся в сельскохозяйственном

производстве. Особо остро это проявляется в четырех вилоях республики (Сырдарьинском, Джизакском, Кашкадарьинском и Сурхандарьинском), где расположены объемы закрытого дренажа. Его протяженность только в этих вилоях превышает 40 тыс. км., которыми дренируется немногим более 1 млн. га орошаемых земель.

До настоящего времени очистка и ремонт закрытого горизонтального дренажа производятся, как правило, с пунктирным вскрытием трубопровода. Это создает экологические проблемы для окружающей среды - орошаемой площади. Обычно эти проблемы характеризуются как результат некачественного строительства и недостатков при проектировании. Такая характеристика этих проблем при анализе невольно вызывает вопрос: а после устранения этих недостатков будет ли, вообще говоря, происходить заиливание закрытых горизонтальных дрен? Для проведения исследований по этой теме требовалось ответить на вопрос - существует ли вообще объективная необходимость производить периодическую очистку закрытых дренажных трубопроводов в процессе сельскохозяйственного использования орошаемой площади? При этом оговариваются условия правильного проектирования, т. е. в соответствии с действующими нормативами и исполнения этого проекта при строительстве без каких-либо отклонений.

Исследования выполнялись теоретически с двумя принятыми постулатами, первый из которых - в условии проектирования песчано-гравийного фильтра (ПГФ) принято ограничение по содержанию различных фракций грунта, в том числе пылеватых и глинистых частиц в пределах 7-12 %. Это условие уже при проектировании допускает механическую суффозию этих фракций в полость трубопровода. Вопрос же дальнейшего положения этого грунта в трубопроводе проектировщиками специально не рассматривается, но предполагается, что по мере появления грунтовой воды в трубопроводе начнется транспортирование и вынос этого грунта. Однако физическая картина и динамика процесса остаются нераскрытыми.

Вторым постулатом является то, что по мере повышения уровня грунтовых вод, когда скорость их фильтрации в полость дренажного трубопровода достигнет критического значения, начнет происходить механическая суффозия мелких частиц грунта по всей длине дренажного трубопровода, а их транспортирование и вынос могут начаться только после того, как сток грунтовой воды наберет определенную массу и скорость. Это априорно означает, что на некоторой длине дренажного трубопровода, считая от его начала, частицы грунта, попавшие в его полость, будут оставаться на месте без движения и, следовательно, будут накапливаться. По мере накопления отложений грунта будет сокращаться водоприем трубопровода из-за перекрытия его перфорации.

Расход потока на этом участке будет снижаться. Последнее влечет смещение границы начала транспортирующей способности потока вниз по уклону дрены. Гипотетически этот процесс постоянно будет развиваться до тех пор, пока граница критической массы потока не приблизится к устью дрены, после чего процесс заполнения полости трубопровода начнет ускоряться, так как полностью прекратится вынос частиц грунта.

С целью раскрытия физической картины процессов заиливания закрытых дрен и подтверждения сформулированной выше гипотезы, ниже излагаются теоретические исследования процессов механической суффозии частиц грунта в полость дренажного трубопровода и транспортирующей способности потока воды, собираемой в его полостях.

Исследование процесса механической суффозии грунта в полость дренажного трубопровода

В настоящем исследовании основными положениями являются условия отсутствия суффозии в песчано-гравийной фильтр глинистых и пылеватых частиц из материкового грунта и возможность их полного выноса из самого фильтра в полость дренажного трубопровода. При рассмотрении этого процесса принимаются используемые в практике проектирования и строительства ЗГД в аридной зоне Узбекистана гофрированные трубы из полимерных материалов (ПЭ и ПВХ) диаметром 90, 110, 125, 160 и 200 мм. В качестве фильтра используется песчано-графийная смесь из Илансайского карьера (Самаркандский вилоят) с содержанием пылеватых и глинистых частиц в объеме 7 и 12 %, т. е. в объемах, допускаемых проектами на фильтр для ЗГД.

Удельный объем фильтра, укладываемого узкотраншейными дреноукладчиками, определяется величинами, приведенными в табл. 1 и 2 и подсчитывается по формуле:

$$V_{\phi} = b_{\tau} \cdot h_{\phi} - \frac{\pi \cdot D_n^2}{4}, \quad \text{м}^3/\text{м} \quad (1)$$

где:

b_{τ} - ширина траншеи, м;

h_{ϕ} - высота слоя фильтра уложенного в дренажную линию, м;

D_n - наружный диаметр дренажного трубопровода, м.

В табл. 1 и 2 приведены соответствующие удельные объемы глинистых и пылеватых частиц, содержащихся в уложенном фильтре. Их величины подсчитаны по формуле:

$$V_{г.п.ч} = V_{\phi} \cdot \frac{P_{г.п.ч}}{100}, \quad \text{м}^3/\text{м} \quad (2)$$

где

$P_{г.п.ч}$ - процент глинистых и пылеватых частиц допускаемый проектами.

Графы 9 и 10 табл. 1 и 2 наглядно показывают, что содержание даже ограниченных проектами объемов глинистых и пылеватых частиц в материале фильтрующей обсыпки дренажного трубопровода достаточно, чтобы полностью заполнить живое сечение почти всех типов и размеров труб. Однако это лишь одна сторона процесса возможного заиливания дренажного трубопровода. С другой стороны, как об этом высказано в гипотезе, мелкие фракции грунта, попавшие в полость дренажного трубопровода, могут начать перемещаться и выноситься только лишь после того, как поток грунтовой воды достигнет критических значений, как по своей массе, так и по скорости, т. е. обретет транспортирующую способность. Последнее может произойти лишь начиная с некоторого участка трубопровода, положение которого определяется его длиной от начала и зависит, вообще говоря, от конкретных условий, т. е. от уровня грунтовых вод и коэффициента фильтрации грунта.

Таблица 1

Наружный диаметр труб, мм	Внутренний диаметр труб, мм		Удельный объем фильтра уложенного в траншею $\text{м}^3/\text{м}$			Живое сечение дренажа труб м^2		Процентное соотношение удельного объема суффозии грунта и живого сечения труб	
	ПЭ	ПВХ	общий	в т.ч. глинистые и пыл. частицы		ПЭ	ПВХ	ПЭ*	ПВХ*
				7%	12%				
90	75	82	0,1301	0,0091	0,0156	0,0044	0,0053	207/355	172/214
110	92	99	0,1339	0,0093	0,0160	0,0066	0,0077	141/242	121/208
125	104	114	0,1361	0,0095	0,0163	0,0085	0,0102	111/192	93/160
160	136	145	0,1409	0,0099	0,0169	0,0145	0,0165	68/117	60/102
200	170	180	0,1436	0,0101	0,0172	0,0227	0,0254	44/76	40/68

Таблица 2

Наружный диаметр труб, мм	Внутренний диаметр труб, мм		Удельный объем фильтра уложенного в траншею, $\text{м}^3/\text{м}$			Живое сечение дренажа труб, м^2		Процентное соотношение удельного объема суфф. грунта и живого сечения	
	ПЭ	ПВХ	общий	в т.ч. глинист. мелк. фр. при		ПЭ	ПВХ	ПЭ*	ПВХ*
				7%	12%				
90	75	82	0,0776	0,0054	0,0093	0,0044	0,0053	123/211	102/175
110	92	99	0,0815	0,0057	0,0098	0,0066	0,077	86/148	84/127
125	104	114	0,0839	0,0059	0,0101	0,0085	0,0102	69/119	53/99
160	136	145	0,0884	0,0062	0,0106	0,0145	0,0165	43/73	34/64
200	170	180	0,0911	0,0064	0,0109	0,0227	0,254	28/48	25/43

Примечание: * в числителе приводится соотношение удельного объема мелкозернистых фракций содержащихся в объеме фильтра при 7 % к удельному объему полости трубопровода в процентах, в знаменателе - то же, при 12 %.

До определения этих параметров потребовалось решить задачу, выполнив расчеты для конкретных типоразмеров дренажного трубопровода, типа и состава фильтра; однослойного песчано-гравийного и в его комбинации с волокнистым из нитронового нетканого полотна. В задачу расчетов входило определение - будет ли происходить механическая суффозия мелкозернистых фракций грунта из фильтра и через него, и если да, каких размеров.

Для определения размеров частиц, вынос которых может происходить через песчано-гравийную смесь из Илансайского карьера, расчетным путем устанавливается диаметр фильтрационных пор, которые, собственно говоря, являются одним из важнейших параметров при подборе состава грунта в качестве фильтра, а также при решении вопросов суффозионной и фильтрационной прочности основания - материка, в который укладывается дренажная линия.

Средний расчетный диаметр фильтрационных пор d_0 в несвязанных песчано-гравийных грунтах определяется по формуле, предлагаемой ВНИИГ:

$$d_0 = 7,12 \cdot \sqrt{\frac{v \cdot K}{n \cdot g \cdot \gamma_1}}, \quad \text{см} \quad (3)$$

где

V - коэффициент кинематической вязкости грунтовой воды, $\text{см}^2/\text{с}$;

K - коэффициент фильтрации грунта-фильтра, $\text{см}/\text{с}$;

n - пористость грунта в долях единицы;

g - ускорение силы тяжести, $\text{см}/\text{с}^2$;

γ - коэффициент, учитывающий форму и шероховатость фракций грунта; для песчаных, гравийных и галечниковых грунтов $\gamma_1 = 1$; для щебеночных $\gamma_1 = 0,35-0,40$.

Кроме того, d_0 может определяться по формуле:

$$d_0 = C \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17}, \quad (4)$$

где

d_{17} - диаметр частиц грунта-фильтра, которых в его составе содержится меньше 17 %;

C - коэффициент, зависящий от разнотернистости грунта-фильтра;

$$C = 0,455 \cdot \sqrt[3]{\eta}, \quad (5)$$

где

η - коэффициент разнотернистости грунта, определяемый из соотношения

$$\eta = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1,5}{0,19} = 7,9 \quad (6)$$

тогда

$$C = 0,455 \cdot \sqrt[3]{7,9} = 0,642$$

Условия непротыпаемости защищаемого грунта в фильтр выражается соотношением, полученным экспериментальным путем.

Это условие имеет вид:

$$\frac{d_0}{d_{cr}} \leq 1,8 \quad (7)$$

из которого вычисляется диаметр сводообразующих частиц:

$$d_{cr} \geq 0,555 \cdot d_0. \quad (8)$$

Согласно формуле (2) и $d_{17}=0,29$ для фильтра из Илансайского карьера вычисляем:

$$d_0 = 0,642 \frac{0,4}{1-0,4} \cdot 0,29 = 0,124$$

тогда

$$d_{cr} = 0,555 \cdot 0,124 = 0,669$$

Для определения среднего значения коэффициента фильтрации предлагается формула:

$$K_{cp} = 0,5 \cdot d_{17}, \text{ см/с} \quad (9)$$

куда d_{17} подставляется в мм и тогда для Илансайского фильтра:

$$K_{cp} = 0,5 \cdot 0,29 = 0,145 \text{ см/с.}$$

Размеры суффозионных частиц в песчано-гравийном грунте фильтра определяются как при механической суффозии, т. е. за счет выноса фильтрационным потоком. Поэтому все частицы, имеющие размеры меньше, чем диаметр наибольшего фильтрационного хода, будут выноситься фильтрационным потоком, если скорость его будет больше критической:

$$d_0^{max} = \lambda \cdot 7,12 \cdot \sqrt{\frac{v \cdot K}{n \cdot g \cdot \varphi_1}}, \quad (10)$$

или

$$d_0^{max} = \lambda \cdot c \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17}, \quad (11)$$

Для песчано-гравийного фильтра с гранулометрическим составом, обеспечивающим значение $\eta \leq 25$, λ определяется формулой:

$$\lambda = 1 + 0,05 \eta \quad (12)$$

В нашем примере $\lambda = 1 + 0,05 \cdot 7,9 = 1,395$

Подставляя значения λ и d_0 в формулу (10), определяем величину:

$$d_0^{max} = 1,395 \cdot 0,129 = 0,173 \text{ мм}$$

Для защиты материкового грунта песчано-гравийным фильтром от выноса мелких частиц необходимо выполнение двух условий, требующих, чтобы максимальный и средний диаметр сводообразующих частиц удовлетворяли неравенствам:

$$d_{ci}^{max} \leq 0,77 \cdot d_0^{max}; \quad (13)$$

$$d_{ci}^{max} < \xi \cdot d_{cr} \quad (14)$$

В условие (14) введен коэффициент Слихтера (ξ), величина которого зависит от расположения частиц в грунте и его пористости. Величина этого коэффициента, по рекомендации ВНИИГ для наиболее рыхлого грунта составляет $\xi = 0,41$, а для достаточно плотного - $\xi = 0,15$.

С учетом этих рекомендаций вычисляется крупность суффозионных частиц грунта фильтра:

$$d_{ci}^{max} \leq 0,77 \cdot 0,173 = 0,133 \text{ мм}$$

$$d_{ci} < 0,41 \cdot 0,069 = 0,028$$

*Исследование транспортирующей способности потока воды,
собираемой дренажным трубопроводом*

Сущность вопроса заключается в том, что, с одной стороны, транспортирующая способность потока зависит от величины его расхода и размеров твердых частиц, которые должны им перемещаться. С другой стороны, сам поток, образующийся в дренажном трубопроводе из собираемой им грунтовой воды, начинается с нуля в истоке и растет с увеличением его протяженности. В соответствии с этим, транспортирующая способность потока в трубопроводе может появиться лишь на некотором расстоянии от его начала. Следует ожидать, что на начальном участке дрены частицы грунта, попавшие в трубопровод, будут оставаться на месте и накапливаться.

На границе участка, где поток в трубопроводе достигнет критических значений по массе и скорости, частицы грунта, попавшие в него, будут перемещаться и выноситься, благодаря чему трубопровод в этой части будет оставаться чистым. Однако, в связи с тем, что описанным процессами присуща непрерывность, можно утверждать, что между двумя участками должен находиться третий, в котором будет наблюдаться переходной процесс, т. е. плавно изменяющийся от сечения, где еще движение частиц грунта не наблюдается до сечения, где их отложение прекращается и откуда начинается полный вынос попадающих в поток частиц грунта.

Таким образом, в нашу задачу входило установить аналитическую зависимость длины первого заиляемого участка, второго, где начинается процесс движения твердых частиц грунта и третьего, откуда начинается их вынос. Такую зависимость необходимо было установить от величины дренажного модуля, размеров и количества допускаемых к суффозии частиц, а также параметров самой дрены - диаметра, уклона, длины, сечения фильтрующей обсыпки и ее гранулометрического состава.

Для определения длин этих участков на дренажном трубопроводе, считая от его начала, используется формулы для расчетов потоков гидросмесей. Длина первой ступени, т. е. расстояние от истока до начала приобретения потоком транспортирующей способности, характеризуется критической скоростью и наполнением трубопровода, иначе говоря, расходом, который определяется формулой:

$$Q = U_{кр} F_n \quad (15)$$

где

F_n - поперечная площадь потока в искомом сечении трубопровода:

$$F_n = F_{тр} \alpha, \quad (16)$$

α - некоторая функция, зависящая от диаметра трубопровода и его наполнения

С другой стороны, расход Q , собираемый дренажным трубопроводом, зависит от удельного притока к дрене q , ее длины L и междреннего расстояния B .

$$Q = q B L \quad (17)$$

Удельный приток к дрене определяется по формуле:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot H_p}{B \cdot \left(\ln \frac{2B}{\pi \cdot D} + \Phi_i \right)} \quad (18)$$

где

K - коэффициент фильтрации дренируемого грунта;

H_p - расчетный напор грунтовых вод;

D - внутренний диаметр трубопровода;

Φ_i - фильтрационное сопротивление на несовершенство дрены по характеру вскрытия пласта.

Согласно рекомендации проф. С.Ф. Аверьянова, удельный приток к дрене определяется по формуле:

$$q = \frac{\pi \cdot K \cdot H_p}{B \cdot L \ln \frac{B}{\pi \cdot \sqrt{2 \cdot D \cdot H_p} + \Phi}} \quad (19)$$

Условие, когда трубопровод не будет заилиться при безнаклонном режиме, проф. Кравин предлагает определять из соотношения:

$$\frac{Q}{d^{0.5} \cdot D^2 \cdot \sqrt{\Delta \gamma \cdot \rho}} \leq 5 \quad (20)$$

Для расчетов и проверки этого условия удобнее использовать это неравенство в виде:

$$Q \leq 5 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta \gamma \cdot \rho} \cdot D^2, \quad (21)$$

где

$$\Delta \gamma = \gamma_r - \gamma_w;$$

γ_r - масса твердых частиц грунта в потоке;

γ_w - масса воды

d - максимальный диаметр частиц грунта в трубопровод при суффозии.

Решая совместно выражения (17, 18 и 21) относительно L , будем иметь:

$$L = \frac{5 \cdot D^2 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta \gamma \cdot \rho} \cdot \left(\ln \frac{2B}{\pi \cdot D} + \Phi_i \right)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot H_p} \quad (22)$$

Для определения наполнения трубопровода, при котором обеспечивается гравитационное транспортирование гидросмеси, проф. А.М. Царевский рекомендует использовать условие равенства расходов потоков в трубопроводе и открытом лотке прямоугольного сечения.

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot U_{\text{тр. ср.}} = B \cdot h \cdot U_{\text{л. ср.}} \quad (23)$$

Для выполнения этого равенства принимаются условия равенства средних скоростей в трубопроводе и лотке, а наполнение лотка - равным половине его ширины. Тогда наполнение трубопровода определяется равенством:

$$h = 0,625 D \quad (24)$$

С целью улучшения восприятия сущности происходящего физического процесса в закрытой дрене, ниже приводится пример расчета с принятыми ранее параметрами и их величинами.

В начале определяются значения расходов Q_i , требуемых для выноса из дренажного трубопровода частиц грунта с $d_{\text{макс.}} = 0,028$ мм и $d_{\text{мин.}} = 0,005$ мм. Этот расчет выполняется по формуле (21) для гофрированных трубопроводов из ПЭ и ПВХ диаметром $D_n = 110$ мм, $\gamma_r = 1,65$ и $\gamma_s = 1,0$:

Для труб из ПЭ $D_v = 92$ мм.

$$Q_1 f 5 \cdot 0,092^2 \cdot \sqrt{\frac{0,028}{10^3}} \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,181 \text{ л/с,}$$

$$Q_2 f 5 \cdot 0,092^2 \cdot \sqrt{\frac{0,005}{10^3}} \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,0054 \text{ л/с.}$$

Для труб из ПВХ $D_v = 99$ мм

$$Q_1 f 5 \cdot 0,099^2 \cdot \sqrt{\frac{0,028}{10^3}} \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,209 \text{ л/с,}$$

$$Q_2 f 5 \cdot 0,099^2 \cdot \sqrt{\frac{0,005}{10^3}} \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,0062 \text{ л/с}$$

Далее, принимая значение дренажного модуля $q = 0,1$ л/с га и междреннее расстояние $B = 100$ м, определяем длины интересующих нас участков L_i :

Для труб из ПЭ:

$$L_1 = \frac{0,181 \cdot 10^4}{0,92 \cdot 10^2} = 197 \text{ м,}$$

$$L_2 = \frac{0,0054 \cdot 10^4}{0,092 \cdot 10^2} = 5,9 \text{ м.}$$

Для труб из ПВХ:

$$L_1 = \frac{0,209 \cdot 10^4}{0,099 \cdot 10^2} = 211 \text{ м,}$$

$$L_2 = \frac{0,0062 \cdot 10^4}{0,099 \cdot 10^2} = 6,3 \text{ м.}$$

Анализируя приведенный пример расчета, можно констатировать, что процесс заиления происходит при получении любого положительного значения длины участка L_i . При этом в перспективе при орошении дренированных земель этот процесс логически должен развиваться. Причиной этому будет являться сокращение расхода за пределами начальной длины L_i по мере его заиления. Снижение расхода на границе начального участка L_i приведет к смещению границы транспортирующей способности потока вниз по направлению к устью дрены. Причем этот процесс непрерывно должен развиваться до тех пор, пока будет происходить суффозия частиц грунта, содержащихся в фильтрующей обсыпке, а также проникающих через нее из суффозию-неустойчивого

материкового грунта. Вопрос, каким образом процесс заиления будет развиваться во времени, пока остается открытым. Однако он представляет и теоретический, и практический интерес.

Логически ясно, что скорость заиления трубопровода и транспортирующий расход воды в нем находятся в прямой зависимости от интенсивности суффозии мелкозернистых частиц грунта в его полость. В то же время, интенсивность суффозии находится в прямой зависимости от скорости инфильтрации грунтовой воды в полость трубопровода и ее массы, которые тесно связаны с действующим напором и коэффициентом фильтрации дренируемого грунта. О ряде этих зависимостей речь шла выше, она известна и математически описана. Вопрос же соотношения скоростей суффозии и образования транспортирующего расхода необходимо установить и, по возможности, описать математически.

УДК 631.674

Бокиев Р.Н.

СУРХАНДАРЁ ВИЛОЯТИ ЎТЛОҚ БЎЗ ТУПРОҚЛАРИДА КАМ МИНЕРАЛЛАШГАН СУВЛАР БИЛАН ҒЎЗАНИ ТОМЧИЛАТИБ СУҒОРИШ

Бокиев Р.Н.

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ НА ЛУГОВО-СЕРОЗЁМНЫХ ПОЧВАХ СУРХАНДАРЬИНСКОГО ВИЛОЯТА

Ғўзанинг "Навбаҳор" ва бошқа қуруқликка чидамли навларини сугориш учун коллекторларда йигиладиган баландликдаги сув сугориш массивларини томчилатиб сугоришда сувни иқтисод қилиш имкониятлари таърифланган. Мақолада навларнинг селекция ва биологик хоссаларини ишлатиш имкониятлари таърифланади ва Сурхондарё вилояти "Навруз" жамоа хўжалигида сугоришнинг кам сув бостириладиган сугориш мақсадлари учун сугоришнинг қайтиш сувларининг қўшимча манбааларидан фойдаланиш ёритилади.

Освоение возвышенных мест в Денаузском тумане под бороздковый полив вызвало масштабный подъем уровня грунтовых вод в подгонных равнинах. Это особенно заметно проявилось в хозяйстве Навруз. Однако строительство в хозяйстве дренажа позволило использовать грунтовые воды со слабой минерализацией для капельного орошения участка 10 га системой Вариодрип отечественного производства для выращивания перспективных засухоустойчивых сортов хлопчатника Навбахор и Наманган-77. Анализ других сортов хлопчатника показал, что они не выдерживают вторжения гармселей и теряют в июле завязи и цветы.

Почвы опытного участка - луго-серозёмные, среднесуглинистые, с содержанием гумуса 0,56-0,2 %. Плотный остаток водной вытяжки из почвы - 0,7 г/л, содержание хлора - 0,006 %. Почва слабо обеспечена питательным элементом и нуждается во внесении удобрений NPK: 175, 125, 75 кг/га. Грунтовые воды в период вегетации залегают на уровне 1-1,2 м. Капельницы обеспечивают подачу 2,7-3,2 л/ч при напоре 30 м.

Схема опыта назначалась по вариантам режимов орошения: 70-75-65 %, 65-65-60 % и 80-85-70 % НВ. Общая площадь под опытами в трехкратной повторности - $4,8 \times 250 \text{ м} = 0,12 \text{ га}$, 3 схемы предполивной влажности $1,08 \times 3 = 3,24 \text{ га}$, поливы по бороздам - контроль: 1,76 га, общая площадь под опытами - 5 га, остальные 5 га производственного полива - по требованию поливальщика (табл. 1).

Таблица 1

Оросительная норма, расход воды на 1 ц и урожай хлопка-сырца при капельном орошении, при поливе по бороздам, на лугово-сероземных почвах

Сорт хлопчатника	Способ орошения	Схема поливов в % НВ	Число поливов	Оросит. норма м ³ /га	Урожай хлопка ц/га	Расход воды на 1 ц хлопка
Киргизская	СКО	60-60-60	11	3235	36,9	87,7
	СКО	70-70-60	17	4020	40,1	100,2
	СКО	80-80-65	18	4890	38,4	127,3
	Контроль	70-70-60	5	7070	37,2	190,1
Гульбахор	СКО	60-60-60	11	3235	35,9	90,1
	СКО	70-70-60	17	4020	39,8	101,0
	СКО	80-80-65	18	4890	38,0	128,7
	Контроль	70-70-60	5	7070	34,6	204,3
Новбахор	СКО	60-60-60	7	2685	34,7	77,3
	СКО	70-70-60	13	3390	38,8	87,4
	СКО	80-80-65	14	4190	36,2	115,7
	Контроль	70-70-60	5	6740	35,8	188,3
Армугон	СКО	60-60-60	7	2685	34,5	77,8
	СКО	70-70-60	13	3390	37,7	89,9
	СКО	80-80-65	14	4190	36,8	113,8
	Контроль	70-70-60	5	6740	36,6	184,2

Примечание: опыты проведены в хозяйстве Навруз Денаузского тумана Сурхандарьинского ви-
лоята на новоосвоенных землях типичного серозема.

Опыты проводились на 2-х участках. В отличие от производственных поливов, на вариантах с капельным орошением наблюдалось закономерное снижение поливных норм, но увеличилось количество поливов в вегетацию - с 7 до 9, 10 и 15 раз на опытном участке и до 9, 12, 16 раз - на производственном участке: 65-65-60 %, 70-75-65 %, 80-85-70 % НВ почвы. Нормы полива составили 220-450, 240-320, 150-360 м³/га. Учитывая аридные условия, на контроле были даны вызывные поливы: по бороздам - 1210 м³/га, на участке СКО - 960 м³/га. Межполивные периоды составили: 25-13, 12-8, 8-7 дней, на контроле - 30 - 11 дней на первом участке и на контроле - полив по бороздам: 19-14 дней, на СКО 15-17, 12-11, 10-9 дней на втором участке. Оросительные нормы составили: по бороздам - 8550 и 7420 м³/га, на поле с СКО по 2-м участкам 3380, 3560, 4510 и 2570, 3030, 3920 м³/га, т. е. норма поливов была меньше в 2,5; 2,4 и 1,9 раза на первом участке и в 2,9; 2,4 и 1,9 раза - на втором участке.

По перечисленным вариантам режимов орошения урожай составил: 34,7 ц/га (контроль), 42,1; 40,2 и 38,5 ц/га в среднем по двум участкам. Показательно, что по сравнению с традиционными сортами на 25 сентября был собран урожай с опытного поля 68,7 %, в это время по данным Госкомстата сбор урожая по району был меньше на 13,5 %, а по области - меньше на 35,7 %. СКО экономит воду - до 3442 м³/га, с учетом водопотребления хлопчатника из грунтовых вод.

Поступление возвратных вод с верхних площадей орошения в собирательные коллектора составило до 24 %. Для работы СКО взамен очистных бочек с гравийным наполнителем достаточно поставить сетчатый фильтр. Наиболее оптимальный вариант режима орошения подобран по схеме 70-75-65 % от НВ почвы, при этом накопление коробочек и их созревание происходит быстрее, чем при других схемы режима орошения, созревание хлопка намного опережает традиционные сорта хлопчатника.

При испытании сорта хлопчатника соблюдается принцип рационального использования оросительной воды и перевода водного питания растений от оросительной к подземным запасам воды внутри контура хозяйства.

Наблюдения показали, что оросительная вода экономится минимум до 40 %, удобрения - на 32 %, отсутствие культивации, заезда тракторов в междурядья хлопчатника снижает затраты на механизмы, энергоносители, почва меньше уплотняется колесами тракторов, аэрация почвы лучше, чем при бороздковом поливе.

Внесение навоза 5 т/га и рыхление почвы на 60 см по схеме полива 70-70-60 % НВ по 4 м сортам хлопчатника повышает урожай: Киргизская-3 - на 2,7 ц/га, Юлдуз - на 2,1 ц/га, Новбахор - на 2,8 ц/га, Армугон - на 2,7 ц/га; расход воды на 1 ц хлопка: 93,7; 95,9; 81,4; 83,9 м³/ц соответственно

УДК 626

Алибоев К.У.

ФРАНЦИЯДА ФЕРМЕР ХЎЖАЛИКЛАРИДА СУВДАН ФОЙДАЛАНУВЧИЛАР УЮШМАСИНИ ТАШКИЛ ҚИЛИШ ВА ТАЖРИБАВИЙ ИШЛАРИ

Алибаев К.У.

ОПЫТ РАБОТЫ И ОРГАНИЗАЦИИ АССОЦИАЦИЙ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ ВО ФРАНЦИИ

*Сирдарё вилояти фермерлари ва САНИИРИ мутахассисларининг Франция-
га ўқув таширифининг натижалари бўйича фермер хўжаликларининг сувдан
фойдаланувчилар уюшмасининг тажрибавий ишлари ва уни ташкил этиши
хақида таърифлар келтирилган.*

Франция занимает первые места среди сельскохозяйственных стран-производителей Европейского Союза и поставщиков переработанных пищевых продуктов, и второе - среди мировых сельскохозяйственных и продовольственных поставщиков.

Для специалистов сельского и водного хозяйства Узбекистана опыт развития аграрного сектора Франции является крайне интересным. Летом 1999 года состоялась учебная поездка на юг Франции специалистов САНИИРИ и фермеров из Сырдарьинского вилоята. Поездка организована международным проектом ТАСИС, который реализуется в хозяйстве им. Г. Гуляма Ш. Рашидовского тумана. Поездка имела целью изучить опыт французских фермеров в решении вопросов управления водными ресурсами, организации сельскохозяйственных кооперативов и другие вопросы.

Сельскохозяйственные территории Франции занимают сегодня 33 млн. га из 55 млн. га всей территории Франции, лесные массивы - 15 млн. га. Остальные 7 млн. га занимают несельскохозяйственные территории. Орошаемые земли составляют 2,5 млн. га. Франция представляет собой спектр сельскохозяйственных областей, сформированных природой и историей. Каждая область по-своему объединяет различные отрасли. Орошаемые сельхозкультуры культивируются в 23 регионах Франции. Наибольшая площадь в Экспровансе - 170000 га.

В начале столетия аграрный сектор насчитывал примерно 50 % рабочих; в 1985 году - уже только 20 %, сегодня в данном секторе занято лишь 4 % от всего активного населения. В 1995 году на каждое подсобное хозяйство приходился в среднем 1,9 семейный рабочий, 90 % аграрников имеют семью и собственное хозяйство.

Во Франции каналы, из которых орошаются земли фермерских хозяйств, управляются общественными организациями, например, общественная организация управления каналом Сэнжульен в г. Авиньене.

Этот канал построен в 1818 году, с этого момента действует и общественная организация по управлению каналом. Пользователи каналом избирают Административный совет, состоящий из 20 членов и председателя. Председатель совета работает на общественных началах, как и все остальные члены. Совет нанимает на работу технического директора, который осуществляет организацию работы всех структур, управляет работой технического персонала, осуществляет техническое обеспечение эффективной эксплуатации канала, информирует совет о выполнении планов.

Общественная организация имеет свой устав, который с момента организации (1818 г.) почти не изменился.

Вода распределяется между водопользователями по потребности и очередности. Водоучет осуществляется 2 раза в неделю. В организации не принято наказывать нарушителей правил водопользования.

Все пользователи каналом оплачивают полученную воду. Собираемые средства идут на ремонт канала и его узлов. За счет этих средств также оплачиваются все технические специалисты.

Под командованием канала находятся 3800 га. В среднем, оплата составляет 1280 фр/га (210 долл./га) в год. В общественной организации состоит 2500 членов - главным образом, фермеров и мелких землепользователей с огородами. В настоящее время организация существует в форме синдиката. В этом регионе действует 15 таких синдикатов. Ежедневно на различных участках канала работают до 16 человек - рабочих синдиката. Из-за того, что канал проходит через поселок, техника почти не используется, значительная часть работ выполняется вручную. Из имеющихся финансовых средств около 70 % расходуется на очистку канала.

Бюджет организации составляет около 5 млрд. фр. в год. При необходимости организация берет кредит в банке. Работники организации получают в среднем 7 тыс. фр. в месяц.

Расход оросительной воды составляет в среднем 15-20 тыс. м³ на гектар. Состав сельхозкультур, возделываемых фермерами, примерно такой: 80 % - сады, 10-12 % - груши, 7-8 % - бахчевые и овощи. Урожайность фруктовых деревьев составляет 20-30 т/га.

Из специалистов, обслуживающих канал - директор канала, бухгалтер, технический управляющий каналом - занимаются эксплуатацией канала, бригадир канала осуществляет контроль за водораспределением и организует работу на участках рабочих канала.

Вся территория канала состоит из 8 секторов (или участков). Каждый сектор закреплен за одним участковым специалистом. Ремонт канала в случае необходимости производится с помощью подрядчиков.

Другим примером служит управление каналом Прованс в городе Либерон.

Канал управляется фермерами, являющиеся членами Ассоциации водопользователей. Оплата за оросительную воду производится соответственно площади орошения. Водоподача на поля осуществляется по закрытой оросительной сети. Расход из одного гидранта составляет примерно $7,5 \text{ м}^3/\text{час}$. Оплата за воду в пределах 700 фр. в год и плюс 0,6 фр. за 1 м^3 воды. Например, при поливе черешни нормой $3000 \text{ м}^3/\text{га}$ общая сумма составит $700 \text{ фр.} + (3000 \times 0,6 \text{ фр.}) = 2500 \text{ фр.}$ в год. Урожайность черешни 8-12 т/га.

Для оказания помощи фермерам во Франции широко развита система так называемых групп развития сельского хозяйства. Такие группы состоят из различных специалистов и организованы фермерами. 50 % бюджета групп состоит из налога на землю, остальное - дотации государства или департамента. Например, бюджет группы из 3 человек составляет 300 тыс. фр. в год.

Обучение фермеров проводится по специальной тематике, в том числе по вопросам организации поливов, выбору режима орошения и нормам поливов. Группа развития сельского хозяйства может выступить в роли посредника, например, при необходимости модернизации каналов. Для тщательной подготовки вопросов и необходимых документов активно используется зондирование проблем через опрос фермеров.

Каждое фермерское хозяйство, как правило, входит в Ассоциацию фермерских хозяйств. Ассоциация объединяет всех, кто нуждается в получении субсидии государства, например, для покупки сельхозтехники. Приобретенная техника после 3-5 лет амортизационного срока продается и покупается новая. Если, например, амортизационный срок на технику составляет 5 лет, то вся сумма, например, в 10000 фр. делится на 5 - по 2000 фр. в год. Затем эти 2000 фр. делятся на количество фермеров, пользующихся этой техникой.

Наиболее распространенной формой объединения фермеров является КУМА, которая объединяет фермеров по различным видам сельхозтехники на основе соглашения. За счет кооператива проводится только текущий ремонт. Вся приобретаемая техника застрахована. При непредвиденных обстоятельствах технику ремонтирует страховая компания. Приобретение техники проводится по заявке как минимум 4-5 фермеров. Выход из кооператива возможен после замены новым членом кооператива. Некоторые кооперативы действуют более 50 лет.

Департамент сельского хозяйства «Буш Дуарон» - один из наиболее крупных структур, охватывающих значительную сельскохозяйственную площадь орошения. На примере департамента видно, как идет управление крупными каналами. Площадь, охваченная департаментом - 550000 га. В департаменте работают 50 работников. Правление департамента избирается на 6 лет и состоит из различных комиссий: экономической, земельной, гидротехнической, развития сельского хозяйства, технической помощи, продажи и сбыта.

Из 555000 орошается 150000 га. Департамент управляет каналом Крапон, действующим с 1625 года, протяженностью 135 км, а также каналом Дюранс. В департаменте сосредоточена вся информация о расходах воды в каналах, из центра управления ведется регулирование водоподдачи каждому потребителю.

Крупные каналы управляются крупными компаниями, такими, как SCP. Компания занимается управлением канала Прованс. Канал питается из реки Дюранс, берущей свое начало в горах. Хотя сама идея канала и его строительства возникла 800 лет назад, он был построен только в нашу эпоху - 40 лет назад. Длина канала 250 км. 140 км канал протекает под давлением. Общая протяженность оросительной сети - 4500 км, из них 500 км - трубопроводы диаметром 500 мм. Вода подается как для питья, так и для промышленности и сельского хозяйства по закрытым трубопроводам под высоким давлением. Действует 3000 км водопровода, из которых 100 коммун получают воду. Вдоль канала имеется 39 маленьких водохранилища, 33 насосных станции. Орошается 60000 га земли.

Юридический статус общества – это региональное акционерное общество. Общество организовано государством. В управлении обществом работает 420 человек. Ежегодно заключается около 45000 договоров на поставку воды потребителям.

Инженерно технический персонал – 160 человек. Структура общества состоит из президента, генерального директора и сотрудников, назначаемых генеральным директором. Президент общества избирается один раз в два года.

Годовой бюджет общества - около 500 млн. фр., из которых 386 млн. фр. – поступления от уплаты за воду, 48 млн. фр. - доход от услуг в регионе, 39 млн. фр. – доход от услуг в другие регионы.

Расход составляет примерно 176 млн. фр. - долги по кредитам банков, 126 млн. фр. – зарплата сотрудников, 86 млн. фр. - поставка оборудования.

Согласно договору, общество должно через 75 лет вернуть государству в первоначальном виде все сооружения и каналы.

Цена за воду для различных водопользователей разная: например, для орошения - 0,61 фр/куб. м, для промышленности - 2,01 фр/куб. м, т. е. возрастает с ростом ее технической ценности. Поступления от продаж возрастают в год на 2-3 %.

Канал постоянно модернизируется. Модернизуется и ирригационная сеть. Средств, поступающих от продажи воды, недостаточно для модернизации ирригационной сети и поэтому около 90 % поступлений - это поддержка государства в лице министерства сельского хозяйства.

Как считают специалисты, в Европе сельское хозяйство нерентабельно. Поэтому без поддержки государства не обойтись. Так, например, поступления от продажи воды составляют на 1/3 от промышленности. Поэтому специалисты советуют продавать воду в различные сектора общества по разным ценам.

ВЫВОДЫ:

Фермерское движение имеет довольно продолжительный - 40-50 лет период развития.

Государство оказывает всестороннюю поддержку фермерам, создает благоприятные условия для их развития, в т. ч. финансовые и юридические, без какого-либо вмешательства в их деятельность.

Фермерское движение связано с постоянной кооперацией фермеров в различные кооперативы, ассоциации и федерации. Этот процесс начинается снизу без вмешательства государства и саморегулируется.

Фермеры непосредственно участвуют в управлении и распределении оросительной воды для решения своих производственных задач через объединения в Ассоциации водопользователей, при поддержке государства ведут эксплуатацию ирригационных систем и систем орошения.

Формы кооперации фермеров постоянно совершенствуются соответственно изменяющейся экономической ситуации в стране и Европе.

Наблюдается сложившаяся в течение продолжительного времени специализация фермеров по различным видам сельскохозяйственной деятельности соответственно по регионам и производимой продукции.

Кооперацией охвачены все звенья и этапы сельхозпроизводства, начиная от обработки поля и кончая сбытом готовой продукции.

Уровень образования и информированности фермеров постоянно повышается, с учетом последних достижений науки и техники.

Работающие в области сельского хозяйства специалисты хорошо защищены посредством оплаты их труда из фондов кооперативов, ассоциаций и федераций, а также различных государственных фондов.

УДК 626.627.681.121

Ибрагимов И.Ю.

КАСОНСОЙ ГИДРОИНШОАТИНИНГ ТЕХНИКҲОЛАТИНИ БАҲОЛАШ

Ибрагимов И.Ю.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАСАНСАЙСКОГО ГИДРОУЗЛА

Мақолада тобиий тадқиқотларни эксплуатация материаллари ва лойиҳа материаллари билан солиштирилган ҳолда Касонсой гидроиншоатининг техник ҳолатини баҳолаш ва гидроиншоатининг ишончли ва авариясиз фаолиятини бирликтириш учун биринчи навбошидош чора-тадбирлар тавсияси келтирилган.

На территории Республики Узбекистан построено и эксплуатируется большое количество крупных водозаборных гидроузлов, основная часть которых построена 30-60 лет тому назад. Под воздействием различных факторов - поверхностного и фильтрационного потока, температурного перепада, прохождения паводка, некачественного выполнения строительных работ и ошибок, допущенных строителями и службой эксплуатации - сооружения гидроузлов подверглись постепенному разрушению и все чаще стали наблюдаться отказы и повреждения.

Гидроузел на р. Касансай расположен в 3 км севернее г. Касансай Наманганского вилоята. Узел введен в эксплуатацию в 1971 году по проекту института "Узгипроводхоз". Тип гидроузла - Ферганский с промывником.

В состав гидроузла входят:

- водосливные отверстия;
- катастрофический водослив;
- щитовое отверстие;
- промывник;
- наносоотбойная стенка;
- регулятор канала Тешикташ.

Водосливное отверстие, состоящее из двух пролетов шириной по 10,0 м, пропускает 320 м³/с расхода воды. Катастрофический водослив имеет длину 85,0 м и высоту 3,10 м над дном верхнего бьефа.

Пропускная способность щитового отверстия плотины шириной 6,0 м равна 85,0 м³/с. Промывник шириной 3,0 м и пропускает 40,0 м³/с. Отверстия щитовой плотины промывника перекрываются плоскими колесными затворами.

Регулятор канала Тешикташ - трубчатый, с сечением 2,0 x 2,0 м. Отверстие регулятора перекрывается плоским заглубленным колесным затвором. Пропускная способность - 10,0 м³/с.

Водобой и водокат щитовой плотины защищены от истирания листовенницей.

Все затворы оборудованы электроподъемниками 6-2ЭТ-82 и 6-1ТЭ.

Общие сведения по гидроузлу (проектные данные) сведены в табл. 1.

Для оценки технического состояния Касансайского гидроузла были проанализированы проектные материалы, которых, к сожалению, сохранилось очень мало, мате-

риалы служб эксплуатации и, главным образом, данные, полученные путем натурного обследования работающих ГТС.

Сопоставляя проектные материалы с материалами эксплуатации и натурных обследований и анализируя их, можно отметить следующее техническое состояние сооружений Касансайского гидроузла.

1. Техническое состояние бетонных и железобетонных элементов щитовой плотины, промывника и регулятора канала Тешикташ удовлетворительное. Трещины и осадки не наблюдается.
2. Механическое оборудование щитовой плотины, промывника и регулятора с момента ввода в эксплуатацию гидроузла не менялось. Техническое состояние механического оборудования - хорошее. Коррозии металла не наблюдается.
3. Заиление в верхнем бьефе гидроузла практически отсутствует (кроме незначительного заиления перед катастрофическим водосливом по всей его длине, шириной местами до 4,5-5,0 м). Заращение русла и размыв берегов не наблюдается.
4. Подъем и опускание затворов щитовой плотины, промывника и регулятора канала Тешикташ электрифицированы, для чего используются электроподъемники 6-2ЭТ-82 и 6-1ТЭ. При временном отключении электроэнергии маневрирование затворами производится вручную.
5. Уровни воды в верхнем бьефе фиксируется водомерным постом, расположенным в 10 м выше регулятора канала Тешикташ. Пост оборудован гидрометрической рейкой ГМ-02 длиной 4,0 м.
6. Разрушена деревянная облицовка из бревен лиственницы на водоскате щитовой плотины и промывника, а также на высоте 1,0 м бычков и устоев.
7. При межени, в нижнем бьефе у правого берега появляется заиленный участок шириной 5-8 м и длиной 12-15 м.
8. Наблюдается размыв нижнего бьефа, начиная с 50-60 м от начала водоската. Глубина размыва в начальном участке составляет 0,5 м и доходит до 2,0 м за рисбровой.
9. В нижнем бьефе отсутствует водомерная рейка, также не оборудован гидропост.
10. Канал Тешикташ по всей длине облицован монолитным бетоном. Размыв, заиление и заращение канала не наблюдается.
11. Учет расходов воды в канале Тешикташ производится гидропостом, расположенным в 300 м ниже створа регулятора. Гидропост, фиксированное русло с гидромостиком оборудованы полностью. В створе гидропоста отсутствует параллельноструйный режим, который необходим для точности замеров.
12. Отверстие щитовой плотины, промывника и регулятора канала Тешикташ градуированы ЗИМЦ "Узводприборавтоматика", но градуировочные графики и таблицы при учете расходов воды не применяются.
13. Контрольные измерения расходов воды в канале производятся вертушками ГР-21.
14. Для гидроузла составлена Наманганским ОПУВХ "Инструкция по технической эксплуатации".

Несмотря на вышеперечисленные неполадки, современное техническое состояние гидроузла, в целом удовлетворительное. Отверстие щитовой плотины и регулятора обеспечивает пропуск расхода воды, предусмотренного проектом, без дополнительных мероприятий.

Общие сведения по Касансайскому гидроузлу (по проекту)

класс капитальный	основные сооружения и их элементы						
	водосбросная плотина			водоприемник			
	тип водосброса	кол-во отверстий и их размеры	пропуск. способность, м³/с	тип	размер отверстий	пропуск. способность м³/с	расчетн. напор, м
IV	Водосливная	2 (10,0x3,4)	320	Трубчатый	(2,0x2,0)	10,0	3,30
	Щитовая с донным порогом	(6,0x3,1)	85,0				
	Промывник	(3,0x3,1)	40,0				

Таблица 2

Общие сведения по гидроузлу по результатам натурных исследований

основные сооружения и их элементы							тип рабочего затвора	средства управления и связи тип водони приемка	Примечание
водосбросная плотина		водоприемник							
тип водосброса	кол-во отвер. и их размеры	Пропускная способность м³/с	тип	кол-во и их размеры	пропускная способность м³/с	напор Н,м	Водомерность	телефон с УМРК и секторная в вегетац. период	Журналы наблюдений:
водосливная	2(10х3, 45)	450,0	трубчатый	2,0х2, 0	12,5	3,40	к-л Тешкован оборудован гидропостом фиксирован. рус-ло. Имеется Q= φ (А) аттестован		1. 3-х разовый учет расхода воды 2. При-ем и сдача дежурств 3. При-ем телефонограммы 4. Регистрация с левых па-вод ков Штат: Инж .гид. узла -1 регулирующий-2. наблю-датель -2. техник -1 _____ - 6 чел..

Для более надежной и безаварийной работы гидроузла и повышения его надежной работы необходимо:

1. Ежегодно наносить антикоррозионные покрытия затворов щитовой плотины, промывника и регулятора канала Тешикташ.

2. Два раза в год (перед и после паводков) производить контрольное измерение отметок верха плотины и регуляторов.

3. Для пропуска промывных расходов (для промывки отложившихся наносов перед катастрофическим водосливом) без создания дополнительного подпора в середине катастрофического водослива необходимо устроить отверстие размером 3,0 x 3,0 м и установить там плоский затвор.

4. Необходимо автоматизировать маневрирование затворами и фиксирование уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузла и в канале Тешикташ.

5. На высоте 1,0 м от порога в устоях и бычках щитовой плотины и промывника, а также на водоскате, разобрать облицовку из досок и уложить качественный бетон после предварительной очистки поверхности старого бетона и укладки арматурной сетки. При возможности можно облицевать брусками из лиственницы.

6. В нижнем бьефе в 100 м ниже фронта водосбросной плотины установить тросовую переправу и на левом берегу (в створе переправы) установить гидрометрическую рейку.

7. Вести наблюдения за размывом нижнего бьефа. При продолжении глубины размыва больше предусмотренной в проекте, построить барак в нижнем бьефе. Категорически запретить разработку карьеров песчано-гравийной смеси на р. Касансай ближе 2 км.

8. Необходимо перенести створ гидропоста на канале Тешикташ на 200 м ниже, где наблюдается параллельно-струйное движение воды и оборудовать его.

9. Так как в 1981 году отверстия гидроузла градуированы, контрольными измерениями проверить правильность градуировки и при малых погрешностях использовать их.

10. Желательно было бы, чтобы инструкцию по технической эксплуатации составил проектный или научно-исследовательский институт.

УДК 636.674:502.653

Шоназаров Ш.

ЃЎЗАНИ ЖЎЯКЛИ СУЃОРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Шоназаров Ш.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЖОЯЧНОГО ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА

Мақолада тўпроқни эрозиялардан муҳофаза қилиш ва тўпроқни қиялик бўйича тенг миқдорда намланишини яратиш учун узатишлар асосида ғўзани суғоришга Қашкадарё вилоятининг қия ерларида фермерлар учун жўякли суғоришнинг янги ишланмаси келтирилган. Бу азалдан машҳур бўлган усул ҳозирги бозор муносабатларида меҳнат ва моддий ҳаражатларни камайтиришни тоғолди шароитларида ғўзани етиштиришда ўзининг янгидан қўлланилишига тўғри келади.

Опыты проводились в хозяйстве Хисор Яккабагского тумана Кашкадарьинского вилоята на склонах крутизной 0,1-0,04. Джоячные борозды были созданы на склоне: поперек склона трактор, двигаясь по линии, создавал прерывистые борозды на 2-3 м длины, концы которых соединялись в шахматном порядке кетменем, после чего образовались зигзагообразные борозды на склоне. По линии горизонтальных отрезков трактор с сеялкой проводил посев хлопчатника сорта "Навбахор", засухоустойчивого по своим свойствам, приспособленного к климату юга республики. Джояки нарезались в предположении повышения впитывания воды в бороздах, исключения эрозии почв, создания условий равномерности полива по всему склону. Горизонтальные оросители ярусно располагались на длину борозд, из которых в джояки вода забиралась из трубочек, установленных по линии уреза воды в оросителе. При режиме работы оросителя на заполнение сечения при поливах вода автоматически распределялась по трубочкам.

Нами были подобраны элементы техники полива для условий почвы: механический состав - среднеуглинистый, НВ почвы - 20,8%; объемная масса - 1,22-1,49 г/см³; пористость - 51,6-42,2 %; содержание гумуса - 0,83-0,09 %; азота - 0,053-0,011 %; фосфора - 0,056-0,009 %; подвижные формы NPK: 5,25; 4,3; 300 мг/кг почвы. Режимы орошения базировались на прогноз динамики влажности почвы 60-60-60 %, 65-65-60 %, 70-70-60 % НВ почвы, схемы поливов получились: 1-3-0, 1-2-1, 1-4-1.

Исследования техники полива показали возможность оптимизации техники полива для различных норм полива для хлопчатника, кукурузы, пшеницы, т. е. культур севообороты или смены культур после хлопчатника (табл. 1). Исследования режима орошения показали, что оросительные нормы на контроле - поливе по бороздам по наибольшему уклону составили: 4430, 5700, 5980 м³/га и при поливе по джоякам: 3080, 4010, 4410 м³/га. Отсюда видна экономия воды - соответственно 1350, 1690, 1970 м³/га. Учет урожайных данных показал: по вариантам горизонтальных отрезков джояков - 2 м - 36,3; 36,7; 38,7 ц/га при 60-60-60 % НВ, 2,5 м - 40,1; 40,7; 41,2 ц/га, при 3 м - 36,5; 40,8; 41,4 ц/га. Однако на отрезках 3 м сказывается скорость добегания струи до конца борозды: она медленнее, чем на других отрезках, поэтому разница между этими вариантами - в добегании струи и увлажнении почвы. Больших расхождений между вариантами в режимах орошения не было, они сопоставимы с контролем - поливом по наибольшему уклону - например: 29,3; 31,2; 31,7 ц/га, т. е. с условиями полива при наименьших смывах почв при подобранных нами величинах элементов техники полива (полив большой продолжительности малыми струями по наибольшему уклону).

Таким образом, исследования джоячных борозд показали следующие преимущества:

- Минимизированы объемы тракторных работ на поле, было сэкономлено до 9,7 кг/га горючего, борозды были меньше подвержены уплотнению колесами трактора (исключен заезд в междурядье), культивация с нарезкой борозд выполнялись конными орудиями (в огородах приусадебных участков используются мотокультиваторы). Заметим, что испарение почвенной влаги на уплотненных бороздах интенсивнее, чем в джоячных бороздах.

- Исключение эрозии почвы, которая смывает до 32 % внесенных в борозду удобрений при поливе по небольшому уклону, что вместе с содержанием в самой почве питательных элементов позволяет сохранить плодородие. Кроме того, идет процесс осаждения взвешенных наносов из реки Гульдарья (по гидрологической характеристике этой реки на период вегетации).

Считаем, что фермерские хозяйства площадью 10-15 га, где занята одна семья из

3-4 человек, вполне могут справиться с устройством джояков с минимальными затратами на трактор, горючее и зарплату тракториста. Однако фермеру при прокладке трассы движения трактора поперек склона по линии горизонталей должны помочь специалисты-землеустроители, установив указатели по направлению движения трактора. Линии намечаются колышками по рейке и нивелиром, так, чтобы уже нарезанные трактором борозды служили ориентиром для последующего движения трактора вниз по склону рельефа. Прерывистые части борозд соединяются через борозду кетменем. Общее представление о джоячном орошении дает рис. 1, где показана схема полевых опытов.

Таблица 1

Фактические элементы техники полива джоячного орошения, полученные в режиме отложения наносов оросительной воды в бороздах в хозяйстве Хисор Яккабагского тумана, из рек Яккабаг, Кызылдарья, Гульдарья

Уклон склонов	Расход л/с	нормы полива, м ³ /га					время полива, час				длинах борозд, м	параметры впитывания			КПД (общее)	КПД без сброса воды
		брутто	нетто	сброс	утечка	добега	долива	общее	куст	β		α				
0,01	0,076	614	400	94	120	5.5.	2.5	8		60	0.0063	0.31	0.54	0.65	0.08	
— " —	0,090	1198	400	229	169	14	2.5	16.5		75	0.0063	— " —	— " —	0.67	0.86	
— " —	0,102	1475	1000	275	200	31	1.5	29.5		85	0.0043	— " —	— " —	0.68	0.86	
0,04	0,127	620	400	98	122	7	4.0	11		90	0.0038	0.82	0.54	0.65	0.80	
— " —	0,136	1200	800	232	168	16	6.0	22		100	0.0041	— " —	— " —	0.67	0.86	
— " —	0,116	1490	1000	286	204	33.2	6.8	40		125	0.0030	— " —	— " —	0.67	0.86	
0,07	0,102	625	400	100	125	9.6	10.4	20		130	0.0022	1.02	0.54	0.64	0.80	
— " —	0,132	12.17	800	239	178	17.1	13.9	31		135	0.0029	— " —	— " —	0.65	0.85	
— " —	0,098	1505	1000	289	216	35	19.0	54		140	0.0022	— " —	— " —	0.66	0.86	
0,1	0,108	632	400	106	126	10.7	11.3	22		150	0.0024	1.15	0.54	0.63	0.80	
— " —	0,112	1220	800	242	178	18.8	23.2	42		155	0.0013	— " —	— " —	0.66	0.85	
— " —	0,101	1517	1000	293	224	36.2	23.8	60		160	0.0020	— " —	— " —	0.66	0.85	
0,2	0,0097	638	400	108	130	11.5	18.5	28		170	0.0016	1.19	0.54	0.63	0.80	
— " —	0,105	1228	800	248	180	19.4	34.6	54		185	0.0022	— " —	— " —	0.65	0.85	
— " —	0,115	1525	1000	296	229	37.1	28.9	66		200	0.0018	— " —	— " —	0.66	0.85	

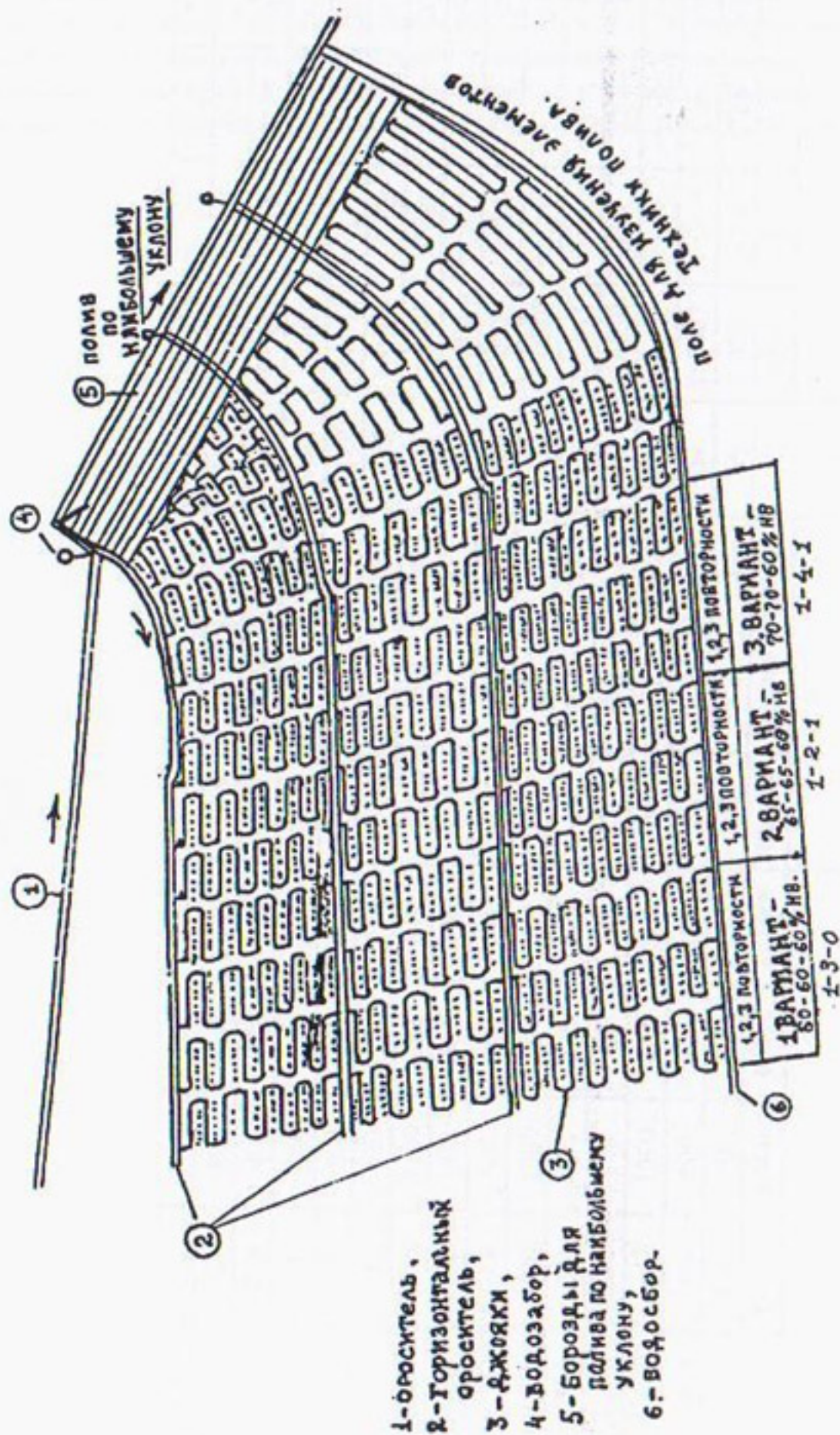


Рис. 1. Схема полевых опытов

УДК 631.674

Мукимов Ш.

ТИПИК БЎЗ ТУПРОҚЛАРДА ҒЎЗАНИ ТОМЧИЛАТИБ СУҒОРИШ

Мукимов Ш.

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА НА ТИПИЧНОМ СЕРОЗЕМЕ

Томчилатиб суғориш тизимидаги типик бўз тупроқларда ғўзанинг "Армугон" навини суғориш режимлари таърифланган.

Энг мақбул суғориш бу 70-70-60 % НВ тупроқ намлигидаги суғориш бўлиб, 6990 м³/га қарши 4160 м³/га каби суғориш нормасида эгит бўйича суғоришда ҳосил 28,1 ц/га ни ташиқил қилган бўлса, энг юқори ҳосил 42,1 ц/га ни ташиқил қилди. Томчилатиб суғориш усулида типик бўз тупроқларда ғўзани етиштириш бўйича дала тажрибалари натижаларини таърифлаб берилган.

Опыты проводились совместно с Р. Бокиевым на почвах типичного серозема, среднетяжелосуглинистого мехсостава, объемной массой 1,32- 1,41 г/м³. Варианты режима орошения были размещены нами согласно методике УзНИИХ (табл. 1), однако испытываемая площадь орошения отличалась от опытного участка Р. Бокиева по сорту хлопчатника, высеваемого на этой площади - Армугон, на базе которого и испытывали различные режимы орошения. Для этого наметили три схемы режима орошения: 60-60-60 %, 70-70-60 %, 80-80-65 % НВ почвы.

Режим орошения хлопчатника

При множестве способов орошения изучаемый нами режим орошения хлопчатника ориентирован на конкретные климатические и агротехнические условия. Основными задачами при изучении режима орошения хлопчатника на автоморфных почвах (типичных сероземах) на производственном контроле и на СКО были детальное изучение фактического режима орошения хлопчатника, фиксация сроков вегетационных поливов, по возможности измерение водоподачи с помощью счетчиков и водосливов Чиполетти и Томсона, сравнение поливных норм вегетационных поливов по технологиям орошения. Величина поливной нормы по намеченным вариантам опыта определялись расчетным путем с учетом водно-физических свойств почвы, глубины увлажнения слоя почвы, допустимого порога влажности почв по С.Н. Рыжову (1953):

$$m = 100 \cdot \gamma \cdot H \cdot (W_{\text{НВ}} - W_{\text{ВЛ}}) + W_{\text{исп.}} \quad \text{м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

где

$W_{\text{НВ}}$ - наименьшая влагоемкость почвы, % к массе почвы;

$W_{\text{ВЛ}}$ - фактическая влажность почвы перед поливом, % к массе почвы;

γ - объемная масса почвы, г/см³;

H - расчетный слой, м;

$W_{\text{исп.}}$ - расход воды на испарение в процессе полива, м³/га; (10 % от дефицита влаги расчетного слоя).

Учитывая теорию впитывания воды норму полива контролировали по зависимости

$$m = K_{yc} \left(t + \frac{\beta}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha} \right) \cdot 10^4, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2)$$

Результаты исследования фактического режима орошения по бороздам и при системе капельного орошения приводятся в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Схема эксперимента

№ варианта	площадь, га	предполивная влажность, % от НВ		
		бутонизация	цветение	созревание
1	1,0	60	60	60
2	1,0	70	70	60
3	1,0	80	80	65
контроль-полив по бороздам	1,0	70	70	60

Таблица 2

Полученные элементы техники полива по бороздам при провоцировании просадок при поливах в условиях слабо просадочных почвогрунтов на контрольном поле с уклоном 0.01 для выполнения режима орошения хлопчатника (вариант 4)

Фенологические показатели на одно растение	Даты замера				Урожай ц/га
	5/VIII	10/VIII	20/VIII	30/VIII	
60-60-60 % НВ					
рост стебля, см.	60,5	61,7	63,4	65,7	30,2
количество ветвей, шт.	4,6	5,0	5,8	5,5	
бутоны, шт.	0,9	0,6	0,5	-	
цветы, шт.	-	0,3	0,4	0,7	
коробочек, шт.	4,6	5,5	6,7	8,0	
густота стояния растений тыс.шт. на га.	121,0	120,0	119,0	117,0	
70-70-60 % НВ					
рост стебля, см.	63,7	64,9	66,6	69,5	42,1
количество ветвей, шт.	5,7	6,0	6,2	6,6	
бутоны, шт.	0,9	0,9	0,4	-	
цветы, шт.	0,2	0,3	0,5	-	
коробочек, шт.	6,8	7,2	8,3	9,5	

Фенологические показатели на одно растение	Даты замера				Урожай ц/га
	5/VIII	10/VIII	20/VIII	30/VIII	
густота стояния растений тыс.шт. на га.	120,0	120,0	119,0	119,0	
80-80-65 % НВ					
рост стебля, см.	75,2	78,2	82,9	84,3	39,4
количество ветвей, шт.	9,9	10	10,1	10,2	
бутоны, шт.	4,1	4,0	3,3	2,1	
цветы, шт.	0,6	0,7	0,5	0,4	
коробочек, шт.	9,1	9,8	10,1	11,1	
густота стояния растений тыс.шт. на га.	120,0	119,0	118,0	117,0	
70-70-60 % (контроль - полив по бороздам)					
рост стебля, см.	60,1	64,7	66,8	69,4	28,1
количество ветвей, шт.	5,6	5,8	6,0	6,3	
бутоны, шт.	0,8	0,6	0,5	-	
цветы, шт.	0,4	0,5	0,3	0,1	
коробочек, шт.	5,7	6,0	6,2	6,8	
густота стояния растений тыс.шт. на га.	117,0	116,0	113,0	107,0	

Примечание: КПД техники полива соответственно 0,88 и 0,76.

Характерной особенностью вегетационных поливов в производственных условиях на контроле полив по бороздам (вариант 4) является то, что поливы в условиях спланированных земель проводятся по бороздам большими поливными нормами от 1100 м³/га и выше.

Оптимизация элементов техники полива по методике САНИИРИ с использованием графо-аналитического приема подбора их позволил определить нормы полива нетто и брутто, утечку и сброс воды с поля, время полива на начало опытов (июнь) и на конец опытных поливов (сентябрь) на спланированном поле после процессов сильных просадок грунта на уклоне 0,01.

Однако в процессе контрольных поливов происходили просадки грунта, которые вынуждали проводить ежегодные выравнивающие планировки поверхности поля.

Из табл. 1 видно, что при каждом поливе по бороздам непроизводительные потери воды составляют от 104 до 118 м³/га на фильтрацию и от 21 до 33 м³/га - на сброс с поля. При этом условия оптимизации элементов техники полива были выполнены.

Отсюда следует вывод, что при бороздковом поливе при провоцировании просадок грунта, даже если оптимизировать элементы техники полива, как видно, неизбежны утечки и сбросы воды с поля. Поэтому для бороздкового полива неизбежно использование норм полива выше 1000 м³/га, которые необходимы для того, чтобы вызвать просадки почвы, а затем, после просадки, иметь возможность уплотнить почву, а также для того, чтобы подпахотный слой уменьшил впитывание воды, как это видно по изменению времени полива от 15,0 до 19,0 ч (в начале и конце опыта).

В вариантах режима орошения СКО, где предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 60-60-60 % НВ (вариант 1), количество поливов составило 12. Выбор этого варианта было обоснован засухоустойчивыми свойствами сорта хлопчат-

ника. Небольшие нормы полива $150-300 \text{ м}^3/\text{га}$ по фазам развития определили схему поливов 3-6-3 с периодом между поливами 6-7 дней, итого было затрачено $3100 \text{ м}^3/\text{га}$. В варианте 2 по схеме 70-70-60 % НВ почвы составили 16 поливов по схеме 4-8-4 с нормой $140-320 \text{ м}^3/\text{га}$, итого $4160 \text{ м}^3/\text{га}$ с межполивным периодом 4-5 дней. В варианте с избыточным увлажнением по схеме 80-80-65 % НВ почвы число поливов - 20, схема поливов 5-9-6, нормы поливов - $159-360 \text{ м}^3/\text{га}$, а межполивной период 3-4 дня. На контроле норма поливов - $6990 \text{ м}^3/\text{га}$.

Замеры объемной массы почвы показали, что наилучшая аэрация почвы соблюдается в междурядьях СКО, так как в бороздах почва уплотняется при нарезке и культивации борозд.

Анализ данных урожайности показывает, что самый оптимальный вариант режима орошения - 70-70-60 % НВ, т. е. повторяет тот же оптимальный вариант при бороздковом поливе, ранее изученном в хозяйстве Беш-Кахрамон. При этом получен урожай $42,1 \text{ ц/га}$, при других режимах орошения - соответственно $30,2$ и $39,4 \text{ ц/га}$, на контроле - $28,1 \text{ ц/га}$ (табл. 2). При вторжении суховея в конце июля сорт выдержал температурные стрессы и не сбросил бутоны и цветки. Однако, переполив свыше 80-90 % НВ перед поливом снижает свойства засухоустойчивости, поэтому переполивы, наблюдаемые при бороздковом поливе, не повышают урожая хлопка.

Компьютерная верстка и дизайн
БЕГЛОВ И. Ф.

Подписано в печать 22.06.2000. Формат 60 x 84 1/16
Усл. печ. л. 6,4

Заказ №

Тираж 100 экз.

Отпечатано в НИЦ МКВК
Ташкент, Карасу-4, 11