

**Труды Средне-Азиатского Ордена Трудового Красного
Знамени Научно-исследовательского Института Ирригации**

Выпуск 71

**СБОРНИК
СТАТЕЙ ПО ИРРИГАЦИИ**

СБОРНИК
СТАТЕЙ ПО ИРРИГАЦИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Г. Н. Виноградов—Пути регулирования грунтовых вод в орошаемых районах. 3
2. Г. Н. Виноградов—За бережное и экономное расходование оросительной воды 10
3. С. М. Кривовяз—Результаты опытов по технике полива в совхозе Баяут. 15
4. М. А. Шмидт— и А. И. Шевченко—Гидрогеологические типы оазисов УзССР и методы учета возвратных (выклинивающихся подземных) вод. 31

Отв. редактор А. И. Алексеев
Техн. редактор Е. П. Глаголева

Р01941 Сдано в набор 30/XII —47 г. Подписано к печати 22/VII—48 г. Объем 2,5 печ. лист. Учетн. авт. 3,0. Тираж 1000 экз. Цена 10 руб

Тип. АН. Ташкент —891— 1948 г.

Г. Н. Виноградов
Доктор технических наук, профессор

Пути регулирования режимов грунтовых вод в орошаемых районах

За последний ряд лет в крупных орошаемых районах республик Средней Азии (Хорезм, Бухара, Голодная степь, Центральная Фергана и др.) наблюдаются явления подъема грунтовых вод. Эти явления приводят к заболачиванию и засолению земель в той или иной мере и, следовательно, к снижению урожайности хлопка.

Отсюда возникает насущная необходимость борьбы с подъемом грунтовых вод и создания таких их режимов, которые не приводили бы к ущербу урожайности в сельском хозяйстве.

Какие же конкретно факторы и в каком размере или объеме оказываются главными причинами подъема грунтовых вод?

В этом отношении среди специалистов существует разнобой в мнениях, происходящий в основном вследствие неразработанности этого вопроса. Одни считают, например, что основной причиной подъема грунтовых вод явилась усилившаяся за последние годы общая неупорядоченность водопользования, главным образом, в вегетационный период; другие склонны считать, что подъем грунтовых вод вызван увеличившейся за последние годы водоносностью рек; третьи пытаются искать причину подъема грунтовых вод в неравномерном в течение года и избыточном выпадении атмосферных осадков, что, якобы, имело место за последние годы и т. д.

Разнобой этот явился следствием неисследованности и неизученности водного баланса рассматриваемой территории (речной долины, ирригационной системы и т. д.). Обычно в таких случаях шли по пути поверхностных сравнений отдельных элементов водного баланса и недоучитывали и занижали основной фактор—ирригацию и ее особенности.

Наша советская литература вполне резонно указывает на метод водного баланса, как на научную основу, могущую быть использованной для разрешения разнообразных водохозяйственных вопросов. Этим методом в настоящее время широко пользуются главным образом для расчетов речного стока, однако, в области ирригации и мелиорации он пока не поставлен на широкие практические рельсы. Это является большим пробелом в области гидромелиоративной науки и практики.

Вместе с тем нельзя не отметить особых сложностей и трудностей

в отыскании пути для нахождения производственных мелиоративных решений методом водного баланса на ирригационных системах. Эти сложности и трудности обуславливаются пестротой природной обстановки на местах, своеобразием водных режимов ирригационных систем и режимов грунтовых вод и крайне ограниченным исследованием явлений, участвующих и влияющих на ход влагооборота.

Сопоставление графиков расходов ряда рек Средней Азии за последний ряд лет с ходом многолетних колебаний уровней грунтовых вод в долинах тех же рек приводит к отрицанию высказываемых некоторыми специалистами мнений о наличии имеющихся прямых зависимостей между этими явлениями. При этом не следует подводить под одну рубрику те ирригационные системы, где водный режим находится в прямом подчинении режиму реки в силу особых местных условий (пример—Бухарский оазис).

Сопоставление размеров атмосферных осадков с размерами имеющей место вододачи в системы устанавливает, что атмосферные осадки в орошаемых районах в водном балансе занимают второстепенную роль.

Отсутствие строго нормированной подачи воды в канал или систему, обильные промывки и поливы, забор излишних зимних и паводковых вод в систему, дефекты в работе и эксплуатации коллекторно-водосборной сети и т. д.—вот те основные причины, которые обуславливают обилие в системе излишних вод, идущих на пополнение грунтовых вод, накапливание и под'ем их, вследствие крайней незначительности оттока их в грунтах.

Таким образом, в орошаемых районах решающее воздействие на возникновение, развитие и течение процессов заболачивания и засоления земель оказывает деятельность человека, создающего тот или иной водный режим в системе. Естественные климатические условия орошаемых районов могут усилить или уменьшить эту деятельность.

По сравнению с многолетними колебаниями более существенное значение как по своим размерам, так и по своей последовательной ежегодной повторяемости, оказывают на сельское хозяйство так называемые сезонные колебания уровней грунтовых вод.

В большинстве крупных орошаемых районов сезонные под'емы грунтовых вод падают на весну или начало лета, достигая амплитуды до 3 м и затяжки стояния высоких горизонтов до 1—2 и более месяцев, что вызывает усиление процессов засоления, препятствующих нормальным всходам растений и их развитию и проч.

Исследования показали, что усиливающиеся явления сезонных колебаний прямо влияют на ход многолетних изменений уровней грунтовых вод, поэтому основной задачей должно явиться регулирование сезонных колебаний, ибо только через последние в основном и происходят изменения многолетних колебаний.

Обзор ряда работ по мелиоративному районированию орошаемых районов республик Средней Азии позволяет отметить, что в качестве мер борьбы с заболачиванием и засолением для отдельных дифференцированных районов предлагались, например, улучшение водопользования, агромелиоративные меры, промывки земель, дренаж и т. п., в тех или иных сочетаниях между собой.

При отсутствии расчетов водного баланса такие рекомендации нельзя признать обоснованными, так как они определялись по некоторым общим природным признакам без учета и анализа влияния деятельности человека и природы на режим грунтовых вод.

В качестве примера подобного рода можно привести Хорезм, для

которого одна группа специалистов в свое время считала основным мелиоративным мероприятием устройство в широких размерах дренажа и коллекторов, другая группа в противоположность дренажу рекомендовала переустройство систем с улучшением их эксплуатации и проч. Подобный разнобой мог произойти из-за отсутствия тщательного изучения причин создавшейся мелиоративной обстановки и надлежащего их анализа.

Поэтому нельзя признать приемлемыми практикующиеся методы мелиоративного районирования, современная обстановка явно переросла их. Взамен их нужна такая методика решения задачи, которая, опираясь на науку, отвечала бы производственным запросам и была бы доступной широкой массе производственников в смысле учета и анализа сложившейся мелиоративной обстановки, установления конкретных причин изменения уровней грунтовых вод и вытекающих отсюда оперативных действий.

Как уже указывалось, воздействующие на динамику грунтовых вод факторы рассматривались зачастую изолированно друг от друга. Это приводило к неверным выводам: например, в некоторых частях неорошаемых районов, расположенных в зоне оазисов, режим грунтовых вод приписывался воздействию только природного фактора (Голодная степь). Такой отвлеченный метафизический подход к анализу явлений, игнорирующий марксистский диалектический метод, неизбежно должен был привести в тупик и, следовательно, ограничить познание природы и, в конце концов, стать тормозом в развитии науки и ее практической помощи производству.

Некоторые исследователи при изучении и анализе происхождения хода режима грунтовых вод в орошаемых районах односторонне изучали это явление, не раскрывая всех условий и причин, породивших его, и всех тех условий, в которых оно протекало.

Ирригация рассматривалась, как некоторый голый фактор, без раскрытия ее содержания и особенностей, без учета ее развития и движения, без учета содержащихся в ней противоположностей; например, не принимались во внимание особенности ирригации летнего и зимнего периода и т. п.

Противоположностями следует считать влияющие на режим грунтовых вод факторы. Будучи в движении и находясь между собой во взаимосвязи, они являются источником колебания, изменения режима грунтовых вод. Изменение этих факторов по величине во времени с преобладающим значением одного перед другим для одного периода времени и обратно для другого и т. д. обуславливает в общем итоге основу изменения рассматриваемого явления. Создающие динамику режима грунтовых вод природные и ирригационные факторы (атмосферные осадки, испарение, поливы, промывки земель, сбросы воды, дренаж и пр.) претерпевают в течение года изменения, находясь, с другой стороны, между собой во взаимодействии.

Только надлежащее изучение изменений этих факторов во времени и учет их взаимодействия между собой определяют генезис и динамику режима грунтовых вод.

Поскольку речь идет о наблюдающихся изменениях уровня грунтовых вод, что выражается в прибыли и убыли их для отдельных промежутков времени, для анализа явления необходимо составление баланса грунтовых вод. Но так как этот баланс связан с поверхностными водами и атмосферными явлениями, то прежде должны быть определены итоговые результаты воздействия последних на уровень грунтовых вод, что

может быть установлено из так называемого водного баланса территории.

Указываемые различными авторами прихода-расходные элементы водного баланса входят в общее уравнение, которое с той или иной степенью детализации и приводится обычно в ряде руководств и пособий.

В развернутом виде оно охватывает следующие элементы

$$Z_1 + O_c + K + B_o + B_n + \Phi_k + \Phi_c + P_{gr} = I_n + I_{gr} + T_n + T_{gr} + C + O_{gr} + O_b + Z_2$$

где Z_1 — запас влаги в почве к началу исследований (к началу гидрологического года),

O_c — атмосферные осадки,

K — конденсация водяных паров в почве,

B_o — поливная вода,

B_n — промывная вода,

Φ_k — фильтрация из ирригационных каналов,

Φ_c — фильтрация из коллекторно-водосборной сети,

P_{gr} — основной приток грунтовых вод со стороны,

I_n — испарение с почвы за счет поверхностных поливных вод,

I_{gr} — испарение с почвы за счет грунтовых вод,

T_n — транспирация за счет поверхностных вод,

T_{gr} — транспирация за счет грунтовых вод,

C — сброс воды за пределы исследуемого массива,

O_{gr} — основной отток грунтовых вод,

O_b — боковой отток грунтовых вод в пограничные неорошаемые области,

Z_2 — запас влаги в почве к концу исследований.

Несмотря на всю важность и необходимость применения водобалансовых расчетов в широкой практике ирригационного производства, подобные уравнения не дошли до массового потребителя.

Одной из основных причин тому являлась сложность и трудность выполнения на местах тех требований, которые вытекали из сущности значения отдельных членов уравнения и способов их определения. Например, определение ряда членов уравнения $T_n, T_{gr}, I_{gr}, I_n, O_b, K$ и др. затруднялось сложностью задачи, методики, аппаратуры, необходимостью постановки систематических исследований, накопления наблюдений и т. д.

Второй не менее важной причиной являлось общераспространенное представление, что при построении водного баланса любой территории, будь то обширная ирригационная система или поле и мелкая делянка, необходимо вводить в расчеты все многочисленные члены уравнения.

Действительно, в условиях природы и хозяйства влияние многочисленных факторов имеет свое значение. Если мы, например, будем наблюдать за ходом поливов на орошаемой территории системы, то установим, что одна или другая часть территории оказывается орошенной с большей или меньшей интенсивностью. Но после осреднения значений величин всех происшедших поливов за определенные интервалы времени представится возможным получить такие средние значения, которые смогут охарактеризовать территорию в отношении интенсивности поливов.

Поступление воды в систему обычно складывается (суммируется) из вод ряда источников орошения: рек, подпитывающих каналов, выклинивающихся вод, родников и ключей.

Явления испарения непрерывно меняются под воздействием ряда меняющихся в свою очередь факторов: температуры воздуха, силы ветра, влажности почв, характера почвенного покрова и пр. Под испарением воды следует понимать суммарное количество воды, испаряющейся с водной поверхности, с поверхности почвы и грунтовых вод, и транспирацию.

Фильтрация воды с территории системы в грунтовые воды происходит также не менее сложно, осуществляясь как через дно и стенки каналов, так и с орошаемого поля.

Таким образом, за суммарным поступлением воды в систему (без транзитных вод) следуют процессы суммарного испарения и суммарной фильтрации, исчисляемые для соответствующих интервалов времени в суммарном виде в качестве обобщенных усредненных выражений.

Такого рода метод учета отдельных слагаемых уравнения в виде суммарных величин рекомендуется для исчисления генеральных (основных) водных балансов территории системы или части ее, определяющих общее основное направление мелиораций.

Всякого рода исчисления отдельных (частных) водных балансов для разрешения задач узко производственного значения (например, определение баланса потерь воды для конкретного ирригационного канала, определение баланса влаги в почве для учета поливных норм и пр.) должны базироваться и основываться на определении общего направления мелиораций по генеральному водному балансу.

Характер и состав прихода-расходных элементов частных водных балансов устанавливается спецификой и характером производственного задания.

Рассмотрение процессов влагооборота между поверхностными и грунтовыми водами и атмосферой следует рассматривать расчлененно в виде как бы двух самостоятельных процессов, как это указывалось раньше.

В первом процессе движения и изменения участвуют те члены уравнения, которые отражают собой явления, происходящие на поверхности земли. В результате их непрерывного взаимодействия происходит отдача, поступление воды в почво-грунты, которое переходит в приходную часть второго процесса, определяющего баланс грунтовых вод.

Таким образом, общее уравнение водного баланса расчленяется на два:

- 1) уравнение водного баланса территории ирригационной системы,
- 2) уравнение баланса грунтовых вод.

Оба уравнения органически между собой связаны и в необходимых случаях являются дополнением друг друга.

Третьим весьма важным моментом при исчислении водных балансов является приведение всех членов уравнений к одному масштабу, причем наиболее удобно выражать все члены уравнений в миллиметрах водного столба.

Вопрос об испарении с пространств в виде обширных территорий и в частности с речных бассейнов впервые был освещен Ольдекопом. Опыт определения фактического суммарного испарения с поверхности речных бассейнов был осуществлен Кузиным, причем им была установлена зависимость суммарного испарения от температур воздуха или дефицита влажности. Кузин считал возможным, однако,

применение этого приема для речных бассейнов, лежащих только в зоне избыточного увлажнения.

Наши исследования установили возможность применения этого приема для районов Средней Азии, обладающих устойчивым орошением.

Для определения суммарного испарения по дефициту влажности необходимо пользоваться коэффициентом испарения 0,15—0,50 и выше, представляющим соотношение суммарного испарения и дефицита влажности.

По средне-многолетним величинам температур воздуха (ось абсцисс) и величинам суммарных испарений (ось ординат) строится расчетная кривая испарения для данного бассейна или системы. Для любого периода года величины испарений определяются по расчетной кривой, причем указателем являются температуры воздуха, взятые на метеорологической станции в службе прогнозов для соответствующего периода времени.

Потери воды, поступающие с территории ирригационной системы в грунтовые воды, пополняя последние, в дальнейшем расходуются в почво-грунтах.

Расходными статьями баланса грунтовых вод являются:

1) растекание в стороны—в пограничные неорошаемые области водяного бугра, образовавшегося под контуром орошаемой территории в связи с потерями воды на ней;

2) отток грунтовых вод в местный естественный или искусственный дренаж;

3) испарение с зеркала грунтовых вод ближайшей пограничной территории, за счет этого испарения происходит снижение уровня грунтовых вод под орошаемой территорией.

Разность между приходной и расходной статьями составит за рассматриваемый период времени прибыль воды, пополняющей грунтовые воды, или убыль последних за счет расходных сил. Таковы элементы уравнения баланса грунтовых вод.

При переходе от водяного столба в атмосферных условиях к водяному столбу в почво-грунте должен применяться переходный коэффициент, равный от 4 до 12, в зависимости от степени порозности почвы и насыщенности ее водой.

Проведенные для 4—5 лет, непрерывно следующих один за другим, водобалансовые расчеты в месячном разрезе, для ирригационных систем Центральной Ферганы, Голодной степи, Чарджоу, Хорезма и левого бережья р. Чирчик показали, что наблюдавшиеся на местах сезонные колебания уровня грунтовых вод в целом следуют и повторяют расчетные графики как в отношении сроков наступлений максимумов и минимумов, их продолжительности и размеров амплитуд колебаний, так и в отношении сезонной и годовой повторяемости явлений.

Выполненные расчеты по динамике уровня грунтовых вод для орошаемых массивов р. р. Сох, Исфайрам-Шахимардан и Кара-дарьи в Центральной Фергане—устанавливают, что формирование сезонных колебаний уровня грунтовых вод находится в прямой зависимости от размеров и хода изменений невегетационного (зимнего) водного режима ирригационных систем.

Невегетационный водный режим систем, характеризуясь высокими показателями водоподачи в системы и ничтожными показателями зимнего испарения, создает все условия передачи значительных масс воды в почво-грунты, в результате чего образуются широко распространенные на местах типичные сезонные колебания уровня грунтовых вод с максимумом в феврале—марте и с минимумом в сентябре.

По Голодной степи ход формирования уровня грунтовых вод находится в зависимости от хода и размеров невегетационного водного режима системы, характерного для последних лет высокими показателями водоподачи и поступления воды в почво-грунты для периода ноябрь—март; сопоставление расчетных данных с фактическим наиболее распространенным в системе типичным режимом грунтовых вод, характерным зимне-весенним подъемом грунтовых вод, устанавливает как основную общую для системы причинную зависимость хода формирования их от хода и размеров невегетационного водного режима системы.

По Чарджоу образование основного преобладающего типа графика сезонного колебания уровня грунтовых вод с максимумом, приходящимся на апрель—май, и с минимумом, приходящимся на декабрь—февраль, также обязано особому характеру невегетационного водного режима систем.

По Хорезму существующие закономерности в сезонных колебаниях уровня грунтовых вод, установленные фактическими наблюдениями, в равной степени выявлены и расчетным путем. Расчеты показали зависимость существующего хода сезонных колебаний уровня грунтовых вод от хода водного режима ирригационных систем и главным образом от его особенностей и своеобразия в зимне-весенний период и хода закрытия и открытия голов систем. Промывные поливы, идущие в январе и феврале, оказываются основой для начала образования тяжелого режима в результате сезонного подъема уровня грунтовых вод, характерного своей затяжностью.

По левобережью реки Чирчик ход колебаний уровня грунтовых вод имеет максимум, падающий на июль—август, а минимум—на апрель, что подтверждается и расчетами. Здесь ход сезонных колебаний уровня грунтовых вод следует также за ходом водного режима системы (отсутствие промывных поливов зимой и наличие летом значительных поливов риса) и находится в прямой зависимости от него. Этим самым опрокидывается существующее мнение, что режим грунтовых вод по левобережью р. Чирчик находится в прямой зависимости от режима реки.

Таким образом, для рассмотренных ирригационных систем, находящихся в различных естественных и мелиоративных условиях, установлено прямое и активное влияние водных режимов систем на режимы грунтовых вод и в первую очередь—невегетационного.

Г. Н. Виноградов
Доктор технических наук,
профессор.

За бережное и экономное расходование оросительной воды

Основными мероприятиями в деле создания устойчивого высокоурожайного сельского хозяйства на орошаемых землях являются—плановая организация орошения и система земледелия, обеспечивающая образование и поддержание комковатой структуры почвы.

На землях, склонных к засолению, перечисленная сумма мероприятий должна предупредить возможность этого явления. В случаях значительного увеличения коэффициента земельного использования и при весьма затрудненном оттоке грунтовых вод эти мероприятия останутся в той же мере предупредительными с возможной потребностью введения на отдельных участках новых более совершенных и экономных по размерам подачи воды, но менее пока исследованных для условий Средней Азии способов орошения в виде дождевания и подпочвенного орошения.

Водоотводящие и дренажные устройства могут оказаться здесь полезными и необходимыми, когда должен быть обеспечен отвод ливневых вод, оросительных вод, неиспользованных по тем или иным причинам, и выклинивающихся грунтовых вод в местных понижениях рельефа.

На землях засоленных плановая организация орошения и травопольная система земледелия, обеспечивающая создание структурных почв, должны считаться крайне необходимыми для целей не только приостановления роста засоления, но и для полной ликвидации этого явления, причем необходимость проведения промывок засоленных земель, помимо всех прочих условий, в общем случае должна потребовать применения водоотводящих и дренажных устройств. Последние устройства могут иметь временное значение, что, вообще говоря, должно определяться водобалансовыми исследованиями.

Отсюда основными мероприятиями как в деле предупреждения, так и борьбы с засолением почв, следует считать травопольную систему земледелия академика В. Р. Вильямса, преследующую создание структурных почв, и применение на ирригационных системах совершенного орошения, включающего в себе плановое водопользование, совершенную технику полива, нормы полива, согласованные с потребностью культур в воде, и правильную техническую эксплуатацию ирригационных систем.

Травопольная система земледелия создает условия и обеспечивает регулирование правильного водного, воздушного и питательного режимов почв; применение совершенного орошения обеспечивает подачу воды растению в нужном количестве и в требуемые сроки, не допуская ее излишков в систему и на поля. Создание вполне устойчивого высокоурожайного сельского хозяйства на орошаемых землях может считаться, следовательно, достижимым при полном и тщательном соблюдении указанных мероприятий.

Практика ирригации свидетельствует, что орошение, надлежаще поставленное и при наличии сопутствующих благоприятных почвенных, гидрогеологических и геоморфологических условий, не может вызвать дополнительных мелиораций (понижение уровня грунтовых вод помощью дренажных устройств). Необходимость же в этих дополнительных мероприятиях и особенно при отсутствии благоприятных естественных условий продиктовывается возникновением и развитием явлений заболачивания (подъем уровня грунтовых вод) и отсюда засоления орошаемых земель, происходящих в основном в результате избыточной подачи воды в систему и на поля.

Корни этого явления заключаются в том, что как среди ряда водопользователей орошаемого хозяйства, так и среди ряда работников производства и некоторых хозяйственников, все еще не упрочилось сознание и убеждение во всей важности и необходимости борьбы за бережное и экономное поступление и расходование оросительной воды, а имеются еще кое-где обывательские взгляды и представления, что излишняя вода урожаю не повредит.

Рассмотрим, вследствие каких же причин избыточная вода проникает в систему и на поля. Избыточное поступление оросительной воды происходит вследствие практикующихся обычно преувеличенных против плана и действительной потребности норм и сроков поливов, страхующих и покрывающих дефекты орошения в виде несовершенных способов и низкой техники поливов, невысокого уровня агротехники и недостатков эксплуатации ирригационных систем, имеющих место не только в летнее время, но и в зимний период.

Эта избыточная вода, стекая в виде неиспользованной воды в пониженные места полей, требующих по условиям пестрого микрорельефа планировки, застаивается, заболачивая низины и проникая в нижележащие слои почвы.

Помимо этого, имеют место неизбежные в большинстве случаев потери воды в каналах ирригационной сети вследствие просачивания ее через дно и стенки каналов.

Таким образом, причины, вызывающие необходимость в дополнительных мелиорациях орошаемых земель, сводятся к следующим:

1. Избыточная подача воды на орошаемые земли, как результат обывательско-либерального, либо отсталого отношения к орошению, к его уровню и к уровню агротехники и к возможным от него в силу этого последствиям;

2. Несоответствие потребностям норм и сроков поливов в сторону их преувеличения;

3. Неудовлетворительность практикующейся техники полива;

4. Потери воды в каналах и сети на фильтрацию в глубокие слои почвы.

Все эти причины вызывают вредные избытки оросительной воды, проникающие в почву, пополняя грунтовые воды и создавая их подъем и перемещение солей в верхние горизонты почвы.

Особенно это положение может усугубляться слабой агротехникой

на полях, отсутствием правильной системы земледелия и севооборотов. Неудовлетворительность гидрогеологических, почвенных и геоморфологических условий рассматриваемой ирригационной системы, также способствует ухудшению мелиоративного состояния земель.

Избыточная подача воды на орошаемые земли (см. п. 1) является одной из основных причин, вызывающих необходимость в водоотводящих и дренажных устройствах; она зависит от многих случайных факторов местного происхождения (недостатки водозаборов, дефекты водопользования) и, имея большую амплитуду в колебаниях и скачки, количественно превышает все другие источники, способствующие пополнению запасов грунтовых вод. В качестве примеров можно указать на работу некоторых систем, находящуюся в зависимости от горизонтов воды в реке, от прохождения паводков и проч., или можно привести такие случаи, когда водопользователь, желая не потерять и использовать свое право на воду, причитающуюся ему по плану, несмотря на неподготовленность поля к поливу или на отсутствие необходимости в воде, не отказывается от воды, придерживаясь своеобразного взгляда — принять воду на поля „про запас“, для соблюдения планового полива и т. д.

Размеры, формы (излишняя дробность), положение и, что особенно важно, отсутствие или недостатки спланированности орошаемых полей, обычно определяющих характер, густоту и размещение оросительной сети, также способствуют увеличению размеров фильтрации воды в почву.

Несомненно, что соответствующей подготовкой поверхности поля, а также оросительной сети, и соблюдением потребных норм воды для полезного увлажнения почвы, а также путем систематической борьбы за повышение уровня орошения и агротехники, борьбы за водную дисциплину и порядок — потери воды от первой причины могут быть значительно уменьшены, и необходимость в водоотводящих и дренажных устройствах при всех прочих благоприятных условиях сможет быть снижена и даже отпасть.

Вторая причина, вызывающая необходимость дополнительных мелиораций орошаемых земель, а именно: несоответствие норм поливов в сторону их преувеличения, отличается от первой, вследствие иной природы ее. В первом случае надо добиться технической оснащенности систем, надо решительно поломать отсталую психологию людей, их бытовые взгляды на избыточное орошение, во втором случае уменьшение водоподдачи может быть достигнуто пересмотром и изменением норм и сроков поливов на основе изучения всех факторов, влияющих и определяющих их величины, одними из которых являются водные свойства почв.

Третья причина — неудовлетворительность практикуемой на полях техники полива, определяющая и характеризующая принятый способ поливов, также вызывает вредные потери оросительной воды, идущие на пополнение грунтовых вод.

Разделка полей для орошения большинства культур обычно проводится для поливов по бороздам, но этот прием нередко нарушается, произвольно заменяясь поливом затоплением.

Это вызывается отсутствием дисциплины и контроля за правильным и рациональным использованием воды.

Потери воды в каналах ирригационной сети на фильтрацию происходят в результате технических недостатков ирригационной системы, могут быть довольно точно учтены количественно и техническими мероприятиями сокращены до минимума.

Обращаясь к действительности, можно видеть, что там, где не при-

нимаются меры к устранению перечисленных выше причин, ведущих к пополнению грунтовых вод, там и производственные органы и колхозы для обеспечения урожая на полях начинают прибегать к водоотводящим и дренажным устройствам. Иными словами, водоотводящие и дренажные устройства в общем случае приходится рассматривать как вынужденную мелиоративную меру, как дань плохому хозяйствованию водой, плохой эксплуатации систем и орошаемых земель.

Но было бы с полгоря, если бы имеющиеся в арсенале мелиоративных средств дренажные устройства успешно справлялись бы со своим назначением. По ряду причин технического и эксплуатационного порядка, а также по природным условиям—широко применяемый в производстве так называемый горизонтальный дренаж в виде открытых каналов неудовлетворительно справляется со своим назначением.

Приходится думать и искать иные более эффективные методы и способы искусственного понижения уровня грунтовых вод (например, вертикальный дренаж), не забывая о надобности улучшения работы и конструкции горизонтального дренажа.

Пока будут злоупотреблять поступлением излишков воды в системы и на поля, придется мириться на ряде систем с существованием дренажных устройств, рассчитывая на их работу и по отводу излишних вод и при промывках почв от солей; однако, при специфических естественных условиях существование дренажных устройств явится неизбежным.

При той неупорядоченности в использовании воды, которая существует на системах и на полях, рекомендуемая система агротехнических мер, направленных на неуклонное повышение плодородия почвы на орошаемых землях в виде травопольной системы земледелия, требует к себе более серьезного внимания в отношении создания ей устойчивой базы по ее применению и внедрению, в силу чего должна быть объявлена беспощадная борьба с нарушителями водной дисциплины, определяющейся плановым водопользованием, а также водных правил и законов, должна быть организована систематическая разъяснительная массовая работа среди колхозников и работников водного и сельского хозяйства о значении планового водопользования и бережного отношения к оросительной воде, об их обязанностях в этом деле и о вреде, приносимом избыточной водой урожаю.

Органам водного и сельского хозяйства необходимо решительным образом перестроить свою работу на местах на основе принципа тщательного планирования воды и всемерно бережного расходования оросительной воды с привлечением к этому всей массы колхозников и достижений мелиоративной науки.

С. М. Кривовяз
Канд. с-х наук

Результаты опытов по технике полива в совхозе Баяут

Полив по тупым бороздам, в наиболее распространенном виде, заключается в увлажнении почвы из глубоких борозд, наполненных водой по всей длине. При этом предполагается, что увлажнение происходит в основном, или в значительной мере, за счет впитывания стоячей воды, накопленной в борозде.

Отсюда естественно, что в рекомендациях, касающихся этого способа полива, отражается стремление, во-первых, по возможности уменьшить длину борозды, чтобы обеспечить ее более равномерное наполнение при наличии уклона, и, во-вторых, сократить время, необходимое для наполнения, путем увеличения расхода, даваемого в борозду. Длина тупых борозд, в зависимости от величины уклона, обычно рекомендуется от 30 до 120 м, а величина расхода в борозде 1—2 л в секунду. Наибольший допустимый уклон дна борозды считается около 0,003. Так как при быстром наполнении тупых борозд небольшой длины они часто не вмещают нужных поливных норм, рекомендуется производить одно за другим повторные наполнения борозд или применять подпитывание малой струей после наполнения.

Поставленные нами экспериментальные работы имели задачей проверить существующие рекомендации и выяснить, насколько равномерно происходит увлажнение почвы по длине борозды, при быстром однократном наполнении, при нескольких повторных наполнениях и при наполнении с последующим подпитыванием малой струей. Так как рекомендуемая небольшая длина тупых борозд требует устройства густой временной сети, которая усложняет механизацию междурядной обработки и увеличивает затраты ручного труда на подготовку полей и производство полива, нами также ставилась задача выяснить возможность применения более длинных тупых борозд. Кроме того, предполагалось проверить влияние спланированности полей на равномерность увлажнения почвы при поливе по тупым бороздам.

Опыты проводились на территории совхоза Баяут (Голодная степь) на землях машинного орошения. Выбранный для опытов участок находится в четвертом отделении совхоза на картах №№ 26, 27 и 28, занятых хозяйственными посевами хлопчатника и получавших обычную обработку.

В высотном отношении участок расположен между отметками 291,00 и 289,00 с однообразным средним уклоном 0,0013 на север. Микро-рельеф довольно сложный. Почвы, характерные для юго-восточной ча-

сти Голодной степи, светлые сероземы, пылевато-суглинистые, сверху незасоленные, на глубине 2—3 м слабо засоленные. Глубина грунтовых вод около 8 м. Грунтовые воды сильно минерализованы. Данные механического анализа почв опытного участка приведены в таблице 1.

Таблица 1

Горизон- ты в см	Гигро- скопиче- ская вла- га	П е с о к			П е с ч а н а я п ы л ь			Физиче- ская глин- на в %
		1—0,25 мм	0,25 0,10 мм	Сумма	0,10 0,05 мм	0,05 0,01 мм	Сумма	
0—10	0,512	2,70	9,20	11,90	27,14	34,03	61,17	26,93
20—30	0,614	1,71	9,23	10,94	28,15	3,96	60,11	28,95
40—50	0,371	1,85	8,16	10,01	31,01	31,00	62,01	27,98
50—70	0,415	1,21	7,34	8,55	22,11	35,73	57,34	3,61
90—100	0,935	0,16	7,51	7,67	26,14	36,18	62,32	30,01

Методика исследований

Определение равномерности распределения влаги по длине борозды и количества воды, впитавшейся на отдельных участках, от головы к хвосту, производится обычно либо путем измерения расходов воды на створах, расположенных на равном расстоянии от головы, или методом послойного определения почвенной влажности на этих створах до и после полива. В тупых наполняемых бороздах прямое измерение расходов воды на различных створах невозможно. Второй способ — послойное определение почвенной влажности не дает достаточно хороших результатов, так как определение влаги может производиться только через несколько дней после полива, когда значительная часть (иногда до 50%) поданной воды испаряется или просачивается на значительную глубину. Пестрота почвенного покрова и микрорельефа, наличие крупных ходов в результате деятельности животных и неравномерная влажность почвы до полива, делают этот метод недостаточно надежным, особенно при постановке полевого опыта в хозяйственных условиях, где количество трудоемких бурений и определений влажности должно быть ограничено. Кроме того, изучение почвенной влажности дает лишь окончательную картину распределения влаги в результате полива, не позволяя установить динамику увлажнения почвы по отдельным периодам, отличающимся по характеру и направлению процесса накопления влаги в почве.

Поэтому нами был принят метод, основанный на определении скорости просачивания воды в почву. Если мы знаем скорость просачивания воды через единицу смоченной поверхности почвы как функцию времени $K_t = f(t)$ и имеем данные наблюдений за изменением смоченного периметра борозды (p), то за небольшой промежуток времени $\Delta t = t_k - t_l$, объем просочившейся воды V на участке борозды, длиной l м, будет равен

$$V = p \cdot \int_{t_l}^{t_k} f(t) dt \quad (1)$$

где p — средняя величина смоченного периметра за время Δt .

Разбивая весь период полива на небольшие отрезки времени, в течение которых изменение смоченного периметра можно рассматривать

как линейную функцию, мы подсчитывали количество воды, впитавшейся в почву по отдельным промежуткам времени на каждом створе и затем суммарно по всей борозде.

Так как расстояния между створами на каждой борозде назначались одинаковыми (10 или 20 м), то суммарный вычисленный объем воды V_c , впитавшейся в почву за какойнибудь период или за все время полива, подсчитывался по формуле

$$V_c = \left(\frac{V_1 + V_n}{2} + V_2 + V_3 + \dots + V_{n-1} \right) l \quad (2)$$

где V_c — объем воды, впитавшейся на всей борозде,

$V_1, V_2, \dots, V_n$ — объем воды, впитавшейся на створах (на участках длиной 1 м) 1, 2, 3 и т. д.

l — расстояние между створами.

Вычисленный таким образом объем воды, впитавшейся за любой период, должен быть равен объему воды, фактически впитавшемуся в почву за этот период. Фактический объем впитавшейся в борозде воды определялся следующим образом:

$$U = U_1 + Qt - U_2,$$

где U — объем воды, впитавшейся в почву за период времени t ,

U_1 — объем воды в борозде к началу этого периода,

U_2 — объем воды в борозде к концу периода,

Q — расход воды, поступающей в борозду за единицу времени,

t — продолжительность периода.

Объемы воды, находящейся фактически в борозде на различные моменты времени (U_1 и U_2), подсчитывались также по отдельным створам и затем суммарно по всей борозде. Для этого определялись размеры живых сечений борозд для каждого створа на данный момент времени, а затем объем воды для всей борозды, аналогично тому, как подсчитывалась величина впитывания (2), подставляя вместо объема впитавшейся воды соответствующие размеры живого сечения.

Отношение объема воды, фактически впитавшейся в почву за весь полив, к вычисленному объему впитавшейся воды $\frac{U_c}{V_c} = K$, должно быть близко к единице (если принятая нами методика подсчетов достаточно правильна) и численное значение K может служить критерием точности расчетов.

В наших опытах значение K варьирует в пределах от 0,76 до 1,18, средне-взвешенное $K_{cp} = 0,91$. Так как по всем створам и периодам времени применялась одинаковая методика подсчета, а именно — впитывание исчислялось пропорционально действующему смоченному периметру борозды, то для поставленной нами задачи, выяснения равномерности распределения влаги по длине борозды, имеет значение не абсолютная величина впитывания на каждом створе, а относительные размеры впитывания. Однако, для того, чтобы знать и абсолютные размеры впитывания на каждом створе, вычисленные объемы впитавшейся воды приводились к фактической величине

$$U = KV$$

Значение коэффициента K бралось равным фактически полученному для каждого опыта.

Скорость просачивания воды в почву, знание которой необходимо для подсчета количества впитавшейся воды (формула 1), нами изу-

чалась на каждой делянке, обычно на коротких отрезках (10 м) тех же борозд, на которых проводились опыты.

При определении скорости просачивания в коротких отрезках борозд, в них поддерживался примерно тот же режим, что и в опытных бороздах, т. е. могло иметь место либо быстрое наполнение с прекращением после этого подачи воды, или наполнение с последующим подпитыванием. По данным опытов строились графики зависимости количества впитавшейся воды от времени, и для полученных эмпирических кривых находились параметры. Эмпирические кривые имели вид гипербол, и поэтому мы воспользовались известным уравнением академика Костякова

$$K_t = \frac{K_0}{t^\alpha}$$

где K_t — количество воды, впитывающейся в почву за единицу времени (или скорость впитывания) на определенный момент времени t ,

K_0 — скорость впитывания в начальный момент,

α — коэффициент, зависящий от характера почвы и ряда других условий.

Для средней по основным опытам кривой впитывания (среднее из 18 кривых) $K_0 = 0,775$, $\alpha = 0,6$, когда K_t — скорость просачивания мм/секунду и t — время от начала полива в секундах. Высота столба впитавшейся воды за первые сутки составляет по средней эмпирической кривой 18,3 см. Примерно такая же величина впитывания из борозд в почву получалась во многих случаях по ряду других областей (в исследованиях по южному Хорезму, Ферганской области и др.) Небольшая величина скорости впитывания объясняется быстрым образованием по смоченному периметру борозды, в рыхлом пахотном горизонте, слоя расплывшейся мелкоземистой массы, отличающейся весьма малой проницаемостью. Обращает на себя внимание также быстрое уменьшение первоначально довольно большой скорости впитывания (рис. 1). Уже в

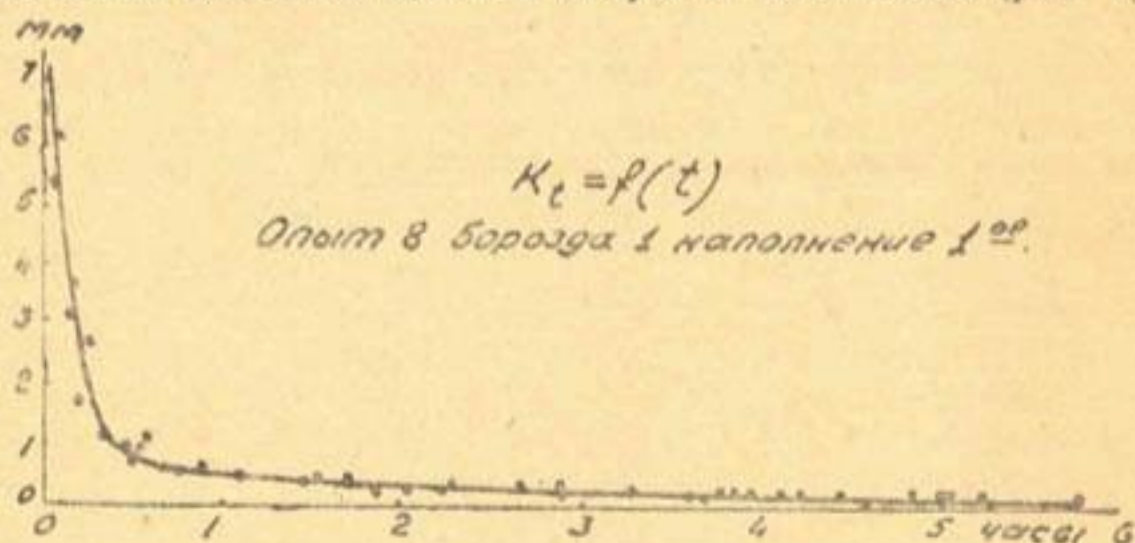


Рис. 1.

течение первых 0,5—1 часа ординаты кривой начинают уменьшаться весьма медленно, что объясняется быстрым протеканием процесса расплывания рыхлого слоя бесструктурных почв.

Полевые опыты с поливом по тупым бороздам включали ряд вариантов с различной величиной струи и режимом питания борозд: 1) быстрое однократное наполнение борозд с различным уклоном дна большой струей; 2) быстрое повторное наполнение борозд большой струей; 3) быстрое наполнение борозд большой струей с последующим

подпитыванием малой струей; 4) медленное наполнение малой струей. Каждый испытываемый вариант включал несколько борозд (от 4 до 10), две крайние являлись защитными. По длине борозд через каждые 10 или 20 м разбивались створы. Каждый створ был оборудован двумя колышками, забиваемыми в гребни борозд, и двадцатисантиметровой реечкой, устанавливаемой в дне борозды (рис. 2.). Поверхность ко-

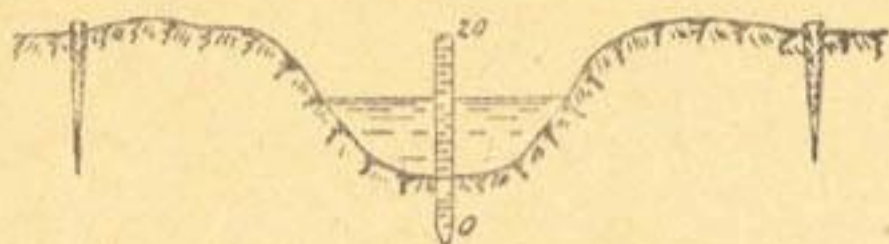


Рис. 2.

лышков и ноли реек по всей борозде связывались нивелировкой в абсолютных отметках. В голове каждой борозды устанавливался водослив Томсона, а в голове общего ок-арыка — водослив Чиполетти. Во время проведения опытов учитывались:

- 1) расходы воды в головах борозды,
- 2) скорость передвижения воды по сухому руслу борозды,
- 3) отметки поверхности воды на каждом створе с точностью до 0,1 см,
- 4) поперечное сечение борозд.

Замеры поперечных сечений производились от устанавливаемой горизонтально на занивелированных колышках линейки, что позволяло получать профиль борозды в абсолютных отметках. В этих же отметках определялась поверхность воды по реечкам.

Результаты опытов

Для того, чтобы отчетливей выяснить причины, обуславливающие тот или иной характер увлажнения, нами производился подсчет распределения влаги не только по различным створам, но и по отдельным характерным периодам, на которые удобно разбить весь процесс полива по тупым бороздам.

Весь полив нами разбит на три периода:

- 1) от начала полива до момента добега струи к концу борозды,
- 2) от добега струи к концу борозды до окончания ее наполнения,
- 3) от окончания наполнения борозды до полного впитывания воды в почву.

Для иллюстрации нами приведены на рис. 3 фактические профили поверхности воды в одной из борозд опыта № 8 за все время полива. Длина борозды 100 м, средний уклон дна 0,0022. Размер струи, подаваемой в борозду, составлял 1 литр в секунду.

Борозда оборудована шестью створами через 20 м каждый. Сплошными и пунктирными линиями показаны наблюдаемые продольные профили поверхности воды в различные моменты времени. Цифры на конце каждой линии показывают время в минутах от начала полива. На второй створ вода пришла через 3 минуты после пуска, на третий — через 8 минут и т. д., а на последний шестой створ — через 28 минут. Это и есть момент окончания первого периода. Сплошная линия с цифрой 28 на конце показывает положение поверхности воды в борозде к концу первого периода. Затем начинается второй период — наполнение борозды и распространение подпора снизу, заканчивающийся пре-

крашением пуска воды через 56 минут после начала полива. Профиль воды к этому моменту показан верхней сплошной линией. После прекращения подачи воды, на первом створе, отметка дна которого выше отметки поверхности воды нижнего створа, происходит быстрый спад воды и обнажение дна (верхняя пунктирная линия). Затем в третий

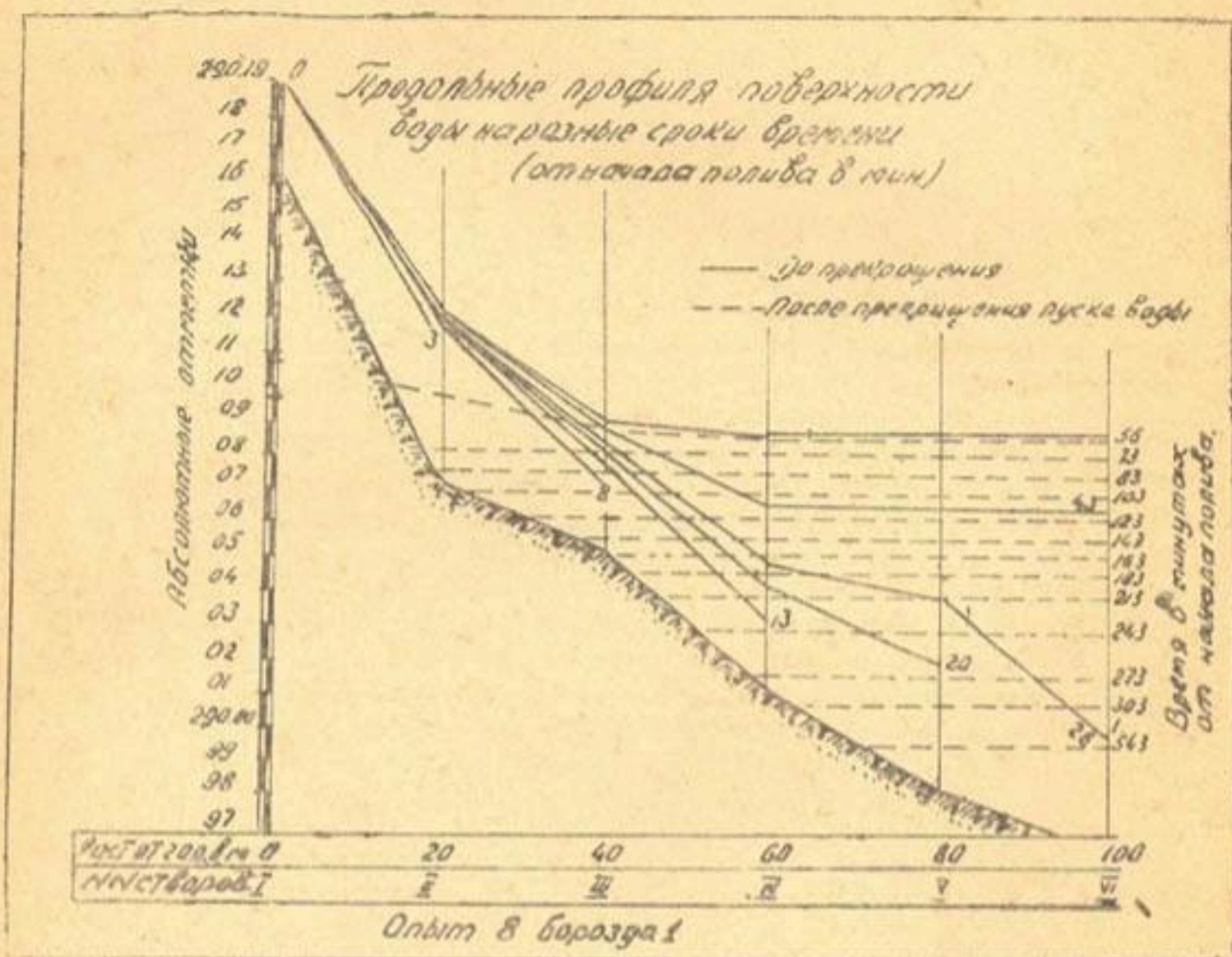


Рис. 3.

период поверхность воды становится горизонтальной и постепенно понижается до полного впитывания. Окончание впитывания воды на нижних створах и их обнажение происходят гораздо позже.

На рис. 4 показаны для отдельных створов той же опытной борозды наблюдаемые кривые зависимости глубины воды на каждом створе от времени. Поверхность воды на первом створе сразу достигает предельной отметки и остается неизменной в течение всего полива. После окончания полива линия поверхности воды резко обрывается, так как происходит быстрый сток воды вниз и обнажение дна. На каждом следующем створе глубина воды достигает предельного значения уже не сразу, а через некоторый промежуток времени, продолжительность которого тем больше, чем дальше от головы расположен створ. В том же направлении растет максимальная глубина воды при наполнении борозды. На всех створах, кроме последнего, с прекращением пуска воды наблюдается резкое падение отметок до момента горизонтального выравнивания поверхности воды, после чего убывание идет медленно.

Следует также отметить, что первые отсчеты горизонтов на разных створах (начало всех кривых) расположены по шкале времени

близко к нулю вследствие того, что первый период движения воды по сухому руслу — короткий, и подъем воды на всех створах отмечается очень скоро от начала полива.

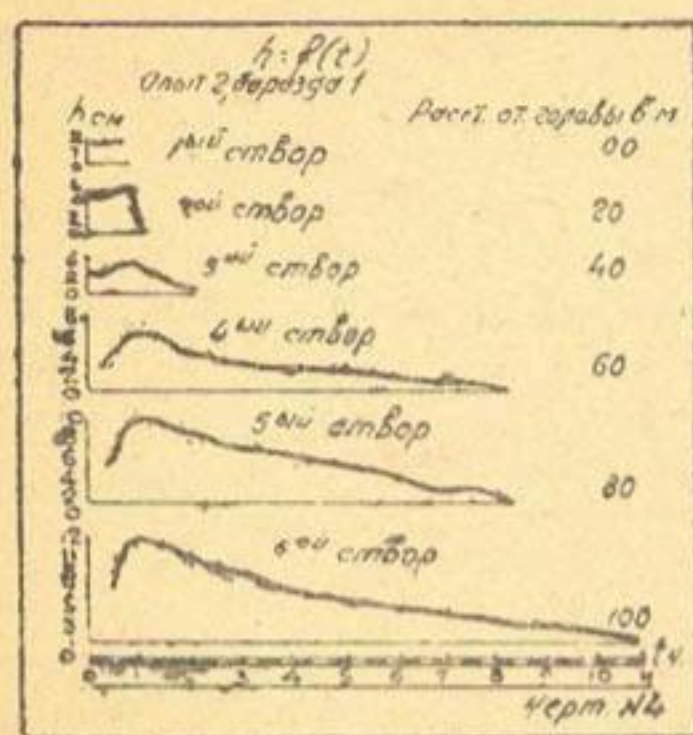


Рис. 4.

Приведенная для иллюстрации картина динамики продольного профиля поверхности воды в борозде в течение полива показывает, что характер и направление процесса накопления влаги в почве значительно меняются по выделенным нами трем периодам.

В первый период количество впитавшейся воды должно убывать от головной к хвостовой части. Во второй и третий период распределение впитавшейся воды зависит от уклона дна борозды. При наличии уклона впитывание больше в нижних частях борозды, особенно за третий период.

В качестве числовой характеристики равномерности распределения влаги по длине борозды для отдельных створов нами выбрана величина (C), дающая количество воды, впитавшейся на каком-нибудь створе в процентах от количества воды, впитавшейся в среднем на 1 погонный метр длины борозды.

$$C = \frac{U_m}{U_{cp}} \cdot 100 \quad (5)$$

U_m — количество воды, впитавшейся на каком-нибудь створе m (на участке длиной в 1 м),

U_{cp} — средняя величина впитывания на 1 м длины борозды

$$U_{cp} = \frac{QT}{L} \quad (6)$$

где QT — количество воды, поступившее в борозду за весь полив,
 L — длина борозды.

Так как точность назначения поливной нормы вообще не превышает 10–20%, то допустимые значения (C) для отдельных створов лежат в пределах $90 < C < 110$ и в худшем случае $80 < C < 120$.

Быстрое наполнение борозд

Для характеристики распределения впитывания при быстром наполнении тупых борозд в таблице 2 приводятся данные по опыту № 8 (рис. 3).

В таблице дается количество воды в литрах, впитавшееся на отдельных створах и по периодам на участках длиной 1 м. Принимая для каждого створа количество воды, впитавшееся за весь полив, за 100, мы вычисляли проценты для отдельных периодов. В последнем правом столбце вычислены значения (C) по формуле (5).

Таблица 2

Расстояние от головы м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	впиталось в %	впиталось в литрах	впиталось в %	впиталось в литрах	впиталось в %	впиталось в литрах	С
00	14,2	82,5	3,0	17,5	—	—	17,2	51,4
20	15,76	68,2	4,4	19,2	2,9	12,6	23,0	68,8
40	11,7	50,8	3,9	17,0	7,4	32,2	23,0	68,8
60	10,8	34,2	6,2	19,6	14,6	46,2	31,6	91,6
80	9,7	22,4	11,5	24,0	26,7	53,6	47,9	143,5
100	0,00	0,00	24,3	40,3	35,9	59,7	60,2	180,5
Среднее							33,4	100,0

Количество впитавшейся воды за все три периода на нижних створах значительно превышает таковое на верхних створах. Значение (С) варьирует в пределах гораздо больших отмеченных нами как допустимые. Общая величина вылитой при этом поливной нормы мала. Средняя величина впитывания на 1 м борозды (U_{cp}) составляет, как это видно из таблицы, 33,4 литра. Между тем, принимая оптимальную величину поливной нормы $750 \text{ м}^3/\text{га}$ и ширину междурядий 0,75 м, мы получим оптимальную величину впитывания на 1 м длины борозды (U_{opt}) 56 литров. Таким образом, U_{cp} составляет около 60% от U_{opt} .

По отдельным периодам наблюдается следующая картина: за первый период, как и следовало ожидать, больше всего впитывается воды на верхнем створе, к низу количество впитавшейся воды убывает, доходя на нижнем створе до нуля. За второй период впитывается больше воды на нижних створах, т. к. смоченный периметр и скорость впитывания больше на позднее замоченных участках. За третий период избыточное впитывание в нижней части борозды выражено еще более резко, особенно большое количество воды впитывается на самых нижних створах.

Продолжительность увлажнения почвы на разных створах за отдельные периоды для опыта № 8 приведена в таблице 3

Таблица 3

Расстояние створа от головы в м	Продолжительность периодов в минутах						Общая продолжительность увлажнения на створе в мин.
	I	%	II	%	III	%	
00	28	50,0	28	50,0	0	0,0	56
20	25	26,3	28	29,4	42	44,3	95
40	20	12,7	28	17,8	110	69,5	153
60	15	5,3	28	9,8	242	84,9	285
80	08	1,1	28	3,8	692	95,1	728
100	00	—	28	2,8	977	97,2	1005

В таблице резко обнаруживается значительная разница общей продолжительности увлажнения различных створов и чрезвычайно большая относительная продолжительность третьего периода.

Такая картина распределения влажности повторяется во всех опытах с аналогичным профилем дна борозд при их быстром наполнении большой струей. При меньших уклонах неравномерность распределения влаги проявляется несколько меньше, но даже на уклонах около 0,001 она превышает допустимые пределы. Так, в опыте № 7 с уклоном дна 0,0012, при величине струи 2 л/с, значение (С) варьировало в пределах от 64,3 для верхнего створа до 149,1 для нижнего створа.

Иная картина распределения влаги наблюдается при горизонтальном или почти горизонтальном профиле дна борозды.

Для примера приведем данные опыта № 11, таблица 4.

Таблица 4

Расстояние от головы в м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	С
00	15,0	52,2	0,4	1,4	13,3	46,4	28,7	103,6
20	13,6	45,9	0,5	1,7	15,5	52,4	29,6	106,7
40	8,7	42,2	0,5	2,5	11,4	55,3	20,6	74,2
60	6,6	22,9	1,2	4,2	21,0	72,9	28,8	104,0
85	0,0	0,0	0,9	3,1	28,7	96,9	29,6	106,7
							27,7	100,0

Продолжительность замочки в минутах

Расстояние	мин.	%	мин.	%	мин.	%	Всего мин.
00	20	8,8	01	0,4	207	90,8	228
20	19	7,5	01	0,4	235	92,1	255
40	14	7,7	01	0,5	167	91,8	182
60	6	2,5	01	0,4	237	97,1	244
85	0	0,0	01	0,4	27	99,6	268

В 11 опыте (длина борозды 85 м, размер струи 2 л/с и средний уклон 0,0003) мы наблюдаем достаточно равномерное распределение влаги на всех створах за исключением третьего. У третьего створа имеется небольшое повышение дна борозды. Отметка дна у третьего створа превышает отметку дна второго створа всего на 3 см. Уже такая небольшая выпуклость при общем малом уклоне приводит к более быстрому обнажению дна на этом створе и значительному уменьшению количества впитавшейся воды (С = 74,2).

Обращает на себя внимание также малая средняя величина впитывания 27,7. Уменьшение средней величины впитывания по сравнению с опытом восьмым определяется большей струей и несколько меньшей длиной борозды.

Для характеристики зависимости между распределением увлажнения по длине борозды и характером микрорельефа приведем еще опыт 13. Таблица 5 и черт. 4.

Таблица 5

Расстояние от головы в м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	C
00	16,7	44,8	3,5	9,4	17,0	45,8	37,2	74,2
20	22,5	32,5	8,5	12,3	38,2	55,2	69,2	142,0
40	4,0	12,4	7,7	23,6	20,9	64,0	32,6	66,9
62	0,0	0,0	13,0	24,2	40,7	75,8	53,7	110,1
Среднее							48,8	100,0

Продолжительность замочки в минутах

Расстояние	мин.	%	мин.	%	мин.	%	Всего мин.
00	11	3,0	6	1,5	352	95,5	369
20	08	1,3	6	0,9	675	97,8	689
40	03	0,8	6	1,5	379	97,7	388
62	00		6	0,9	634	99,1	640

В опыте 13 средний уклон равен 0,00035, длина борозды 62 м, размер струи 3 л/с. Вследствие неровностей дна борозды (рис. 5) получе-

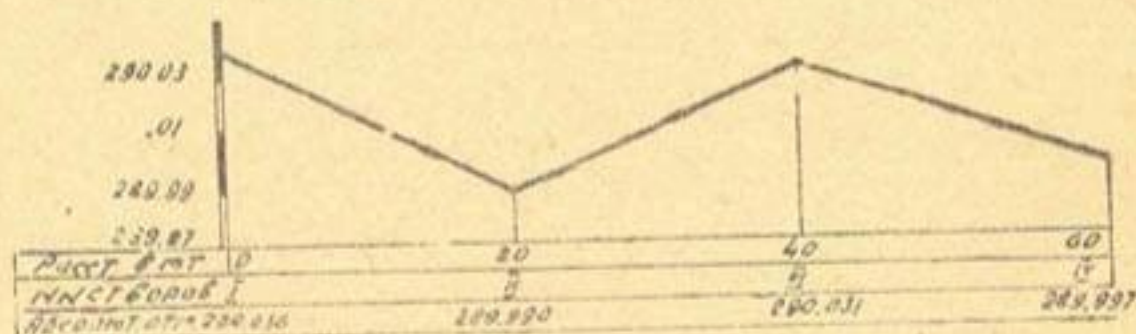


Рис. 5.

на значительная неравномерность увлажнения. Значение C варьирует в пределах от 66,9 на повышениях до 142 на понижениях.

Интересно также выяснить влияние обратного уклона, для чего приведем данные четырнадцатого опыта.

Борозды опыта № 14 имеют небольшой обратный уклон 0,0004, длина борозды 52 м, расход в борозду 1 л/с.

В этом случае избыток увлажнения головной части борозды создается не только за первый период, но также за второй и третий (таблица 6), что приводит к распределению влаги, обратному тому, какое наблюдалось в опытах с заметным правильным уклоном. Средняя величина впитывания $U_{cp} = 29,1$, что составляет 52% от оптимальной величины.

Таблица 6

Расстояние от головы в м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%
10	23,4	50,6	3,9	8,4	18,9	41,0	46,2	158,5
20	17,7	36,3	4,1	8,4	27,0	55,3	48,8	167,7
30	5,4	20,5	3,7	14,2	17,2	65,3	26,3	90,4
40	1,2	7,5	2,6	16,4	12,1	76,1	15,9	54,8
50	0,0	0,0	2,7	17,9	12,4	82,1	15,1	51,9
							29,1	100,0

Продолжительность замочки в минутах

Расстояние	мин.	%	мин.	%	мин.	%	Всего мин.
10	15	5,3	09	3,2	261	91,5	285
20	13	4,1	09	2,9	291	93,0	313
30	07	2,7	09	3,5	243	93,8	259
40	05	2,6	09	4,7	178	92,7	192
50	00		09	4,7	182	95,3	191

Повторное наполнение и подпитывание малой струей

Как это видно из приведенных данных, во всех опытах с быстрым однократным наполнением тупых борозд мы имеем малую среднюю величину впитывания. За одно наполнение удастся влить обычно только 50—60% от оптимальной поливной нормы, которую мы принимаем равной 750 м³/га.

Поэтому нами была поставлена проверка рекомендаций по повторному наполнению борозд (второму и третьему) и подпитыванию малой струей.

Для характеристики распределения влаги при втором наполнении приведем данные по опыту № 8 (по тем же бороздам, по которым были приведены сведения по первому поливу), таблица 7.

Распределение влаги по длине борозды при повторном наполнении сохраняет для отдельных периодов тот же характер, что и в первом наполнении. Однако, вследствие более быстрого продвижения воды по уже смоченному руслу борозды, продолжительность первого периода и количество впитавшейся воды за первый период уменьшаются еще сильнее. Сокращается также продолжительность второго периода и количество впитавшейся воды за это время благодаря тому, что влажная почва впитывает меньше воды. Продолжительность третьего периода, наоборот, сильно возрастает.

Таким образом, распределение влаги за второе наполнение происходит еще более неравномерно, причем избыток влаги поступает на те же участки, которые получили больше воды за первое наполнение, и, следовательно, неравномерность увлажнения усиливается. Умень-

Таблица 7

Расстояние от головы в м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	С
00	1,4	58,3	1,0	41,7	—	—	2,4	11,2
20	2,0	26,0	1,5	19,5	4,2	54,5	7,7	36,2
40	1,8	12,8	1,9	13,5	10,4	73,7	14,1	63,1
60	1,4	5,3	1,9	7,3	22,9	87,4	26,2	120,6
80	1,0	2,7	2,6	7,0	33,6	90,3	37,2	173,1
100	0,0	—	2,6	6,0	40,4	94,0	43,0	200,3
							21,4	100,0

Продолжительность замочки в минутах

Расстояние	мин.	%	мин.	%	мин.	%	мин.
00	17	47,2	19	52,8	0,00	0,00	36
20	15	8,9	19	11,4	134	79,7	168
40	12	3,6	19	5,7	304	90,7	335
60	7	1,1	19	2,9	624	96,0	650
80	4	0,3	19	1,6	1164	98,1	1187
100	0,0		19	1,1	1704	98,9	1723

шается также средняя величина впитывания, составляя лишь 21,4 литра или 38% от оптимальной нормы.

Третье наполнение, проведенное по этим же бороздам, дает ту же картину, что и второе наполнение. Таким образом, при быстром наполнении тупых борозд повторные поливы только усиливают неравномерность увлажнения.

Увеличение размеров поливной нормы путем подпитывания борозды малой струей после наполнения ее большой струей также не дало положительных результатов, так как при этом удлиняется продолжительность второго периода, который при наличии даже небольшого уклона создает избытки влаги на нижних створах. Для иллюстрации приведем данные по опыту № 9, таблица 8. Длина борозды 100 м, средний уклон дна 0,0016, величина струи 3 л/с.

Сравнение опытов с подпитыванием малой струей и без такового показывает, что хотя абсолютное количество воды, впитавшееся в верхних створах, увеличивается, равномерность увлажнения ухудшается.

На более коротких или имеющих меньший уклон бороздах увлажнение с подпитыванием малой струей дало лучшие, хотя также недостаточно удовлетворительные результаты. В опыте № 10 при уклоне 0,001 и длине борозды 75 м значение (С) колебалось от 67,5 до 139,4.

Таблица 8

Расстояние от головы в м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	С
00	27,0	71,8	10,5	27,9	0,1	0,9	37,6	55,4
20	19,3	64,1	10,4	34,6	0,4	1,3	30,1	44,4
40	11,9	27,2	20,6	46,8	11,4	26,0	43,9	64,7
60	11,7	19,9	27,4	46,6	19,7	33,5	58,8	86,7
80	42,1	36,7	40,9	35,7	31,6	27,6	114,6	168,8
100	0,0	0,0	112,2	79,7	28,8	20,3	142,2	209,7
							67,8	100

Продолжительность замочки в минутах

Расстояние	мин.	%	мин.	%	мин.	%	мин.	%
00	16	6,3	231	91,7	5	2,0	252	100
20	14	5,4	231	88,8	15	5,8	260	100
40	11	2,3	231	47,7	242	50,0	484	100
60	6	0,8	231	32,4	475	66,8	712	100
80	3	0,3	231	23,7	742	76,0	976	100
100	0	0,0	231	24,9	693	75,1	924	100

Наполнение борозд малой струей

Приведенные материалы исследований и анализ характера увлажнения, свойственного различным выделенным нами периодам, показывают, что при наличии даже такого небольшого уклона как 0,001 получение более равномерного распределения влаги возможно только путем удлинения первого периода, для которого свойственно избыточное накопление влаги в верхней части борозды.

Соотношение длительного первого и двух других периодов с противоположным характером накопления влаги должно обеспечить равномерность ее распределения по всей длине борозды.

Удлинение первого периода может быть достигнуто путем уменьшения величины струи и удлинения борозды.

Во втором случае будут создаваться два участка с различным режимом; верхний, на который не распространяется подпор при заполнении борозды, и нижний подпертый. Верхний участок будет иметь режим, свойственный бороздам, поливаемым со сбросом, а нижний будет служить приемником для сбрасываемой сверху воды.

В наших опытах испытывалось только влияние малых струй при наполнении борозд длиной до 100 м.

Изучению подвергались струи 0,25 и 0,15 л/с. Лучшие результаты дали меньшие из испытываемых струй (0,15 л/с).

Условия прохождения полива при наполнении борозд малой струей хорошо показаны на рис. 6, где динамика нарастания отметок воды на отдельных створах по мере накопления воды в борозде показана в виде кривых зависимости глубины воды от времени $h=f(t)$, сведенных на одни координатные оси (на рис. 4 такие же кривые показаны отдельно по каждому створу). Рисунок 6 построен по данным опыта № 18, где размер струи составлял 0,15 л/с, длина борозды была равна 100 м, а средний уклон дна 0,0012.

В отличие от аналогичных кривых в опытах с быстрым наполнением борозд для рассматриваемого случая характерна растянутость по шкале времени начальных моментов подъема воды на разных створах и медленное повышение горизонтов воды, особенно на нижних створах. После прекращения пуска воды убывание отметок поверхности воды также идет значительно медленнее благодаря тому, что скорость впитывания к этому времени уже значительно уменьшается. Более позднее начало замочки нижних створов и медленное понижение отметок обуславливают большую равномерность увлажнения по длине борозды.

Величина впитывания по отдельным периодам для другой борозды опыта № 18 с уклоном дна 0,0019 при том же размере струи характеризуется таблицей 9. Из таблицы видно, что в этом опыте получена не только достаточная равномерность увлажнения, но и средняя величина впитывания очень близка к оптимальной ($C=54,8$).

Таблица 9

Расстояние от головы в м	I период		II период		III период		Всего	
	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	%	впиталось в литрах	C
07	43,9	67,9	15,6	24,1	5,2	8,00	64,7	118,0
30	25,1	45,6	18,7	34,0	11,2	20,4	55,0	107,0
50	13,6	23,0	26,3	44,4	19,3	32,00	59,2	108,0
70	5,00	10,9	24,0	52,1	17,0	37,00	46,0	84,7
90	1,4	2,5	25,0	43,0	31,5	54,5	57,8	105,5
100	0,0	0,0	18,0	37,9	29,6	62,6	47,6	86,9
							54,8	100

Продолжительность замочки в минутах

Расстояние в м	I период		II период		III период		Всего
	мин.	%	мин.	%	мин.	%	
07	148	30,00	203	41,0	143	29,0	494
30	130	23,4	203	36,9	220	39,7	553
50	105	18,3	203	35,8	260	45,9	568
70	60	11,9	203	40,7	238	47,4	501
90	16	2,7	203	34,0	380	63,3	599
100	6	1,0	203	36,0	356	63,0	565

$h = f(t)$
Опыт 18, борозда 1

Абс. отм.

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

200.27

26

25

24

23

22

21

20

Большая величина впитывания за одно наполнение также объясняется медленным наполнением борозды.

Принятый метод исследований не лишен некоторых недостатков, однако, он позволил нам вскрыть характер процесса увлажнения почвы по длине борозды, дать количественную оценку динамики накопления влаги и таким образом наметить правильные пути изменения техники полива.

Выводы

1. На малых уклонах (до 0,003—0,005), где отвод и использование сброса воды с верхних делянок на нижние затруднителен или невозможен, необходимо применение полива по тупым бороздам. При быстром наполнении тупых борозд на мелкоземистых слабо проницаемых почвах, равномерное распределение влаги может быть достигнуто только на практически горизонтальных участках. Применение этого способа на землях с некоторым уклоном приводит к недостаточному увлажнению и, следовательно, к снижению урожая в верхней части борозды — явление, весьма заметное на многих полях.

2. При наличии даже очень небольшого уклона равномерность распределения влаги в условиях быстрого наполнения борозд может быть получена только за счет значительного уменьшения длины борозд, что связано с увеличением затрат и в условиях механизированного хозяйства рекомендовано быть не может.

3. Для полива по тупым бороздам большой струей характерна также малая величина поливной нормы за одно наполнение. Подпитывание наполненной борозды малой струей и особенно повторное наполнение борозд, при наличии уклона, еще усиливают неравномерное распределение влаги по длине борозды.

4. Применение полива по тупым бороздам с быстрым наполнением может найти применение в основном в осолоняющихся районах, где широко практикуется систематическая промывка и земли получают горизонтальную планировку для проведения промывных поливов. Этот способ может быть также использован на участках с очень малым естественным уклоном и на горизонтально спланированных землях старого орошения, при условии сохранения планировки.

5. При отсутствии горизонтальной планировки необходимо рекомендовать полив малыми струями, обеспечивая увлажнение верхних частей борозд за период прохождения воды от головы к хвостовой части борозды. При этом можно обеспечить более равномерное увлажнение и применять борозды значительной длины.

6. На малых уклонах характер микрорельефа имеет исключительно большое влияние на распределение влаги в бороздах, и поэтому тщательная планировка в этих условиях — одно из самых основных требований.

М. А. Шмидт и А. И. Шевченко

Гидрогеологические типы оазисов УзССР и методы учета возвратных (выклинивающихся подземных) вод

При составлении проектов генерального переустройства ирригационных систем Узбекистана вопрос о полном учете возвратных вод в существующем и проектном их водном балансе решался различными способами, достаточно хорошо освещенными в литературе; вопрос же учета возвратных вод при составлении планов водораспределения для специфических условий конкретных систем — разработан еще недостаточно.

В задачу настоящей статьи входит краткий критический обзор существующих методов учета возвратных вод с точки зрения их применимости при составлении ежегодных планов водопользования.

При выборе методов по учету возвратных вод учитывались правила технической эксплуатации ирригационных систем Союза ССР, и в частности §§ 8 п. „д“ 62, 75, 76, 78, п.п. „б“, „г“ 82 и 107, предусматривающие широкое развитие балансовой сети гидростов, наблюдения за потерями воды на фильтрацию из каналов и наблюдения за уровнем грунтовых вод и их расходами в источниках и заурах.

Определение понятия „возвратные воды“¹

Возвратные воды, в ирригационном понимании, это те воды, которые, будучи захвачены из источника питания оросительной системы, затем снова поступают в этот же или смежный водоток. Возвращаются воды в источник орошения, проделав путь подземный или поверхностный, что роли не играет. Воды, теряющиеся из русел рек, возвращающиеся в них же, или выклинивающиеся в пределах системы, не считаются в данном случае водами возвратными, а относятся к новым, дополнительным поступлениям воды в систему.

На практике чаще приходится встречаться не с собственно возвратными водами, в ирригационном понимании, а с водами возвратными в более широком понимании — гидрогеологическом, с точки зрения которого под возвратными водами понимаются воды, выбывшие из

¹ Подробнее в работе Комитета наук УзССР „Методика учета возвратных (выклинивающихся подземных) вод в ирригационных системах Узбекистана на примере рек Зеравшан, Сох и Исфара“, 1936—37 г. (машинопись).

массы поверхностного стока определенного бассейна и затем снова, в некоторой их части, поступающие в этот же сток, в пределах того же бассейна.

В последнем толковании возвратных вод, они поступают вновь в систему, или в естественные водотоки, проделав путь подземный, то есть могут учитываться как выклинивающиеся подземные воды.

Разделять подземные воды, образующиеся за счет потерь на фильтрацию из поверхностных водотоков, от вод, образующихся путем инфильтрации атмосферных осадков, не представляется возможным, да практически это в большинстве случаев и не нужно. Существующие методы изучения возвратных вод в основном сводятся к определению величины и режима выклинивающихся вод, и только в отдельных случаях (районы рисовых плантаций) приходится изучать возвратные воды в ирригационном понимании (сброс и выклинивание). Для большинства районов ирригационных систем Узбекистана основная масса выклинивающихся вод будет водами возвратными, в гидрогеологическом понимании этого термина и поэтому, с некоторым допущением ниже, мы условно принимаем равнозначность терминов — **возвратный** — **выклинивающийся**.

Гидрогеологические особенности районов образования возвратных вод

Процесс образования возвратных вод имеет широкое развитие в ирригационных системах, располагающихся в широких междугорных котловинах Средней Азии и Закавказья, где сочетание мощных, хорошо водопроницаемых отложений конусов выносов и широких древнеаллювиальных долин создает благоприятные условия для образования мощных потоков грунтовых вод за счет потерь на фильтрацию из поверхностных водотоков. Эти мощные потоки грунтовых вод, как правило, возвращаются почти полностью на поверхность земли в пределах междугорных котловин.

По территориальному расположению очагов фильтрации поверхностных вод и зон выклинивания грунтовых вод следует различать два случая: первый, — когда эти процессы разобщены на местности, и второй, — когда трудно бывает разделить очаги фильтрации от участков выклинивания.

Локализация процессов фильтрации и выклинивания четко прослеживается в ирригационных системах, располагающихся в областях развития предгорных отложений (конусы выносов, предгорные шлейфы и т. д.), а в пределах ирригационных систем орошаемых аллювиальных равнин в междугорных котловинах (ирригационные системы типа левобережных Чирчикских, Мианкальских в Зеравшане и т. д.), процессы фильтрации и выклинивания территориально на разобщены.

Промежуточное положение между двумя приведенными случаями территориального взаимоотношения зон фильтрации и зон выклинивания занимают площади по дну узких горных долин, выполненных аллювиальными отложениями.

Ирригационные системы, располагающиеся на пролювиальных и аллювиальных равнинах в низовьях речных бассейнов (Хорезм, Бухара, Кара-куль), как правило, не имеют выклинивающихся вод, которые представляли бы практический интерес с точки зрения их повторного использования на орошение.

Различия в интенсивности процессов образования возвратных вод и в размещении в пространстве участков их питания и выклинивания

объясняются различными гидрогеологическими условиями районов ирригационных систем.

Для ирригационных систем Узбекистана можно выделить следующие, наиболее часто встречающиеся случаи образования возвратных вод (см. рисунки).

1. Ирригационные системы на полных совершенных конусах выносов имеют четко выраженные зоны образования возвратных вод и зоны выклинивания. Выклинивание грунтовых вод на поверхность земли происходит благодаря уменьшению водопроницающих свойств пород, слагающих конусы выносов вниз по потоку (рис. 1).

2. Ирригационные системы в межадырных котловинах, выполненных рыхлыми отложениями (рис. 1). Выклинивание грунтовых вод на поверхность земли происходит вследствие уменьшения водопроницаемости пород вниз по потоку, а также вследствие подпора его адырными грядками.

3. Несколько отлично от нормальных конусов выносов образование возвратных вод происходит в подрезанных конусах выносов (рис. 1). Здесь в пределах предгорных отложений имеет место только область образования возвратных вод, а область выклинивания их приурочена к аллювиальным отложениям. В условиях Узбекистана данный случай встречается сравнительно редко (Северная Фергана).

4. Ирригационные системы слабо выраженных в рельефе конусов выносов крупных рек (Зеравшан, Кашка-дарья, Кара-дарья и т. д., рис. 1). Выклинивание потока грунтовых вод происходит благодаря сужению профиля водоносного пласта и его переполнению за счет интенсивно идущей фильтрации речных и оросительных вод.

Для всех перечисленных выше 4 случаев образования возвратных вод характерным является четкое разграничение зон образования и зон выклинивания грунтовых вод.

Несколько иная картина наблюдается в ирригационных системах, располагающихся на аллювиальных равнинах, где следует различать:

5. Аллювиальные равнины в осевых частях междугорных котловин (рис. 1). Обогащение потока грунтовых вод происходит повсеместно на всей площади ирригационной системы, выклинивание же грунтовых вод, благодаря неглубокому залеганию их зеркала, может идти тоже повсеместно во всех глубоких естественных и искусственных водотоках. Все же процессы фильтрации преобладают на верхних террасах, а процессы выклинивания — на нижних террасах и в русле реки.

6. Ирригационные системы, располагающиеся по дну речных долин в предгорьях (рис. 1). Благодаря постоянно меняющейся площади поперечного профиля потока грунтовых вод, здесь происходит чередование участков фильтрации и участков выклинивания. Местоположение тех и других зависит, главным образом, от строения коренного ложа и склонов долин.

7. Совершенно иная картина наблюдается в ирригационных системах, обладающих плохими условиями естественного оттока грунтовых вод (Бухара, Хорезм, рис. 1). Неглубокое залегание зеркала грунтовых вод от поверхности земли способствует их выклиниванию, даже в сравнительно неглубокой заурной и оросительной сети. Большое значение в этих районах имеют потери грунтовых вод на испарение и транспирацию растениями.

8. Аналогичные предыдущему случаю условия образования выклинивающихся вод наблюдаются и на равнинах, сложенных пролювиальными отложениями (Голодная степь, Дальверзин и т. д.)

СХЕМА
ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО СТОКА
В ОАЗИСАХ УЗ.С.С.Р.

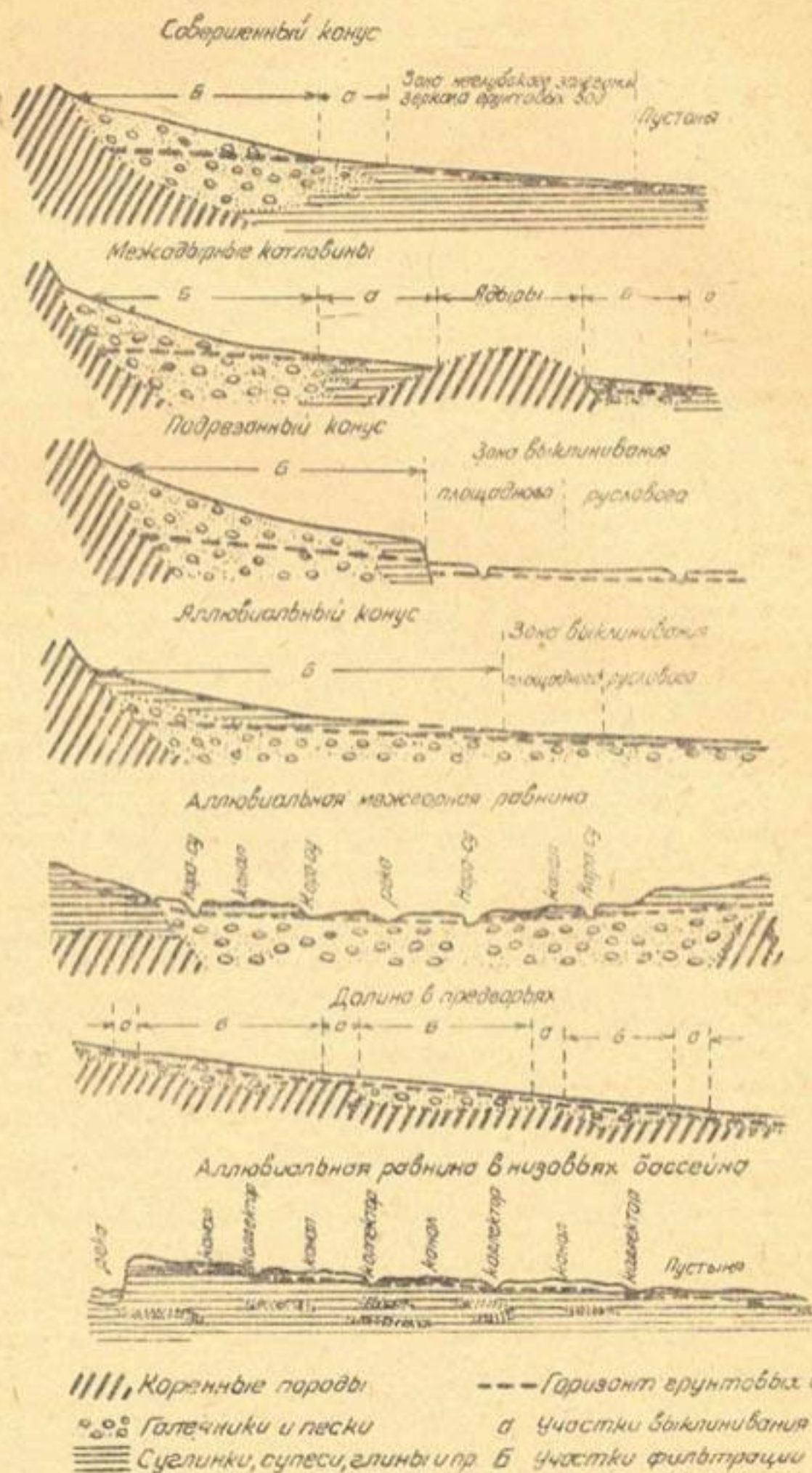


Рис. 1.

Качество воды, выклинивающейся по сбросным и заурным системам, в последних двух случаях характеризуется повышенной минерализацией, и поэтому она не всегда может быть использована для орошения.

В ирригационных системах, располагающихся в предгорных отложениях, количество и режим выклинивающихся вод, как это видно из приведенных выше схем, зависит, главным образом, от режима поверхностных вод на вышерасположенном участке интенсивных потерь и мало зависит от режима орошения непосредственно в зоне выклинивания.

Обратные явления наблюдаются для ирригационных систем, располагающихся на аллювиальных и пролювиальных равнинах. Здесь режим выклинивающихся вод стоит в прямой зависимости от режима орошения на данной же территории, так как работа оросительной и сбросной сети определяет режим зеркала грунтовых вод, а последнее определяет интенсивность процессов выклинивания.

При изучении процесса образования возвратных вод на какой то конкретной ирригационной системе, очевидно, нужно прежде всего установить, к какому из перечисленных случаев гидрогеологических условий она относится. Только при этом условии можно правильно наметить программы исследований возвратных вод.

Методы учета выклинивающихся вод

В практике расчета выклинивающихся вод на ирригационных системах Средней Азии установлено разделение вод, выклинивающихся в русле реки (русловое выклинивание), и вод, выклинивающихся внутри ирригационной системы и частично там же используемых на орошение (внутрисистемное выклинивание).

Учет русловых выклинивающихся вод ведется обычно методом руслового баланса для определенно выделенных участков реки, на верхнем и нижнем конце которых имеются гидрометрические посты. Наиболее хорошо русловой баланс разработан для рек Зеравшана—в пределах Самаркандской котловины, и Исфары в пределах ее горной части. Метод руслового баланса дает вполне надежные результаты, если конечные пункты участков реки, выбранные для балансирования, совпадают с естественными гидрогеологическими районами (зона фильтрации, зона выклинивания и т. п.), что, надо сказать, не всегда имеет место¹.

Расчет количества выклиниваний или потерь на фильтрацию ведется по следующей формуле:

$$M_x = M_n + M_{сб} - M_n - M_{маг} \quad (1)$$

где M_n — сток воды за месяц у гидрометрической станции в начале рассматриваемого участка реки;

M_n — то же в конце участка;

$M_{маг}$ — суммарный забор воды оросительной системой в пределах участка;

$M_{сб}$ — суммарный сброс дренажных и сбросных вод в пределах участка;

¹ См. подробнее в работе М. А. Шмидт „Взаимоотношение оросительных и возвратных вод в некоторых оазисах Узбекистана и методика его учета“. Ирригация гидротехника, № 2, САНИИРИ, г. Ташкент, 1935.

M_x — алгебраическая сумма потерь воды (на фильтрацию и испарение) и величины выклинивающихся грунтовых вод в русле реки в пределах рассматриваемого участка, получающаяся со знаком плюс, если преобладают процессы выклинивания, со знаком минус, если преобладают потери.

Вполне очевидно, что в пределах конусов выносов потери на фильтрацию по руслу реки зависят от величины расходов последней и, следовательно, могут резко колебаться; выклинивание же грунтовых вод по периферии конусов выносов является величиной более или менее постоянной. Этих моментов нельзя установить при условии включения в балансовый участок двух совершенно разнородных по гидрогеологическому строению районов рассматриваемых речных систем.

Внутрисистемные возвратные воды, в зависимости от требуемой точности (стадия проектирования) и гидрогеологических условий ирригационной системы, могут учитываться различными методами, основанными или на непосредственных замерах количества выклинивающихся вод и требующих густой сети гидрометрических постов, или косвенным путем. Из косвенных методов, применявшихся в практике определения количества выклинивающихся вод на ирригационных системах Узбекистана, следует отметить:

1. Метод аналогии, предложенный инженером Бишоп для ирригационных систем Чирчика в 1930 году. Метод основан на анализе ирригационных условий двух систем с аналогичным гидрогеологическим строением. Беря в основу данные о возвратных водах и о развитии орошения в долине реки Большого Плато Колорадо, инженер Бишоп считает, что гидрогеологическое строение ее аналогично району ирригационных систем долины реки Чирчик, а поэтому он рекомендует исчислять величину возвратных вод для Чирчикских систем в размере 25% от головного водозабора. Цифра 25% получена в результате наблюдений за развитием возвратных вод, в зависимости от орошения в ирригационных системах долины реки Большого Плато Колорадо за время с 1889 года по 1926 год.

Очевидно, что метод аналогии может применяться только при условии идентичности не только гидрогеологических, но и климатических, гидрологических и прочих физико-географических условий обоих сравниваемых ирригационных систем, и только для различного рода схематических проектировок.

2. Ирригационный метод, примененный Узводпроизом для расчета возвратных вод в водоземельных балансах южных речных бассейнов Узбекистана¹. Метод основан на сравнении фактического потребления воды с графиком водозабора. „Метод является теоретически безупречным, но требует для применения на практике знания большого числа данных, из которых в настоящее время некоторые мало изучены (например, влияние недополивов и переполивов на урожай различных сельскохозяйственных культур), или же определяются с недостаточной точностью (сведения об урожае в отдельных районах и т. д.)“.

Необходимость иметь при использовании ирригационного метода большое количество достоверных данных ставит под сомнение точность получаемых результатов.

„Все это позволяет рекомендовать метод исчисления внутрисистемных вод для тех бассейнов, где отсутствуют непосредственные замеры внутрисистемных и возвратных вод“.

Более точный учет выклинивающихся вод может быть произведен

¹ См. сноску на стр. 2. Ниже цитируется из главы, составленной В. Л. Шульцем.

в результате применения гидрометрического и гидрогеологического методов.

3. Гидрометрический метод или метод замкнутых контуров применялся для определения количества выклинивающихся вод на системах Соха, Исфары и Туполанга. В основу выделения контуров, по которым рассчитывался водный баланс (приток и отток поверхностных вод), были положены данные гидрогеологических съемок, установивших достаточно точно границы зон выклинивания и характер выклинивания грунтовых вод. Замеры расходов воды по контуру дополнялись измерением расходов отдельных крупных родников и промерами руслового баланса в крупных водотоках, пересекающих площадь, заключенную в контуре. Полученные результаты по определению количества выклинивающихся вод гидрометрическим методом отличаются достаточно высокой, с практической точки зрения, точностью. К недостаткам метода обычно относят некоторую его сложность, так как для проведения замеров по контурам требуется большое количество гидропостов.

Это возражение можно было принимать 4—5 лет тому назад, когда ирригационные системы, в большинстве случаев, были недостаточно еще оборудованы гидрометрическими постами; в настоящее время едва ли будет целесообразно препятствовать внедрению настоящего метода в практику работы системных управлений, так как почти на всех ирригационных системах Узбекистана уже организована густая сеть эксплуатационной гидрометрии, а, кроме того, системные управления обязаны правилами технической эксплуатации ирригационных систем Союза организовать дополнительную сеть балансовой гидрометрии.

Учет выклинивающихся вод по методу замкнутых контуров осуществлять сравнительно легко. Хорошие результаты можно получить только при условии, если его применение будет базироваться на гидрогеологическом районировании системы.

4. Гидрогеологический или дренажный метод был разработан и применен для определения количества выклинивающихся вод в периферийных частях Сохской и Исфаринской систем, где развита густая сеть зауров, из которых вода тут же, как правило, используется на орошение.

Путем эпизодических промеров расхода типовых в гидрогеологическом отношении заурных систем была установлена зависимость величины дренажного модуля от высоты стояния зеркала грунтовых вод. Имея длину заурных систем или обзауренную площадь, глубину зауров и графики хода сезонных колебаний уровня грунтовых вод, не трудно рассчитать количество выклинивающихся вод для какого-то конкретного района.

Настоящий метод может быть с успехом применен только при наличии гидрогеологического районирования системы и сети постоянно работающих смотровых колодцев и гидропостов в устьях типовых зауров. Правильный прогноз режима выклинивающихся вод можно сделать только в том случае, если известны источники их питания, а такими являются, в большинстве случаев, для ирригационных систем Узбекистана воды, фильтрующиеся из рек, каналов и с орошаемых полей. Поэтому естественно, что наблюдения за количеством выклинивающихся вод должны сопровождаться наблюдениями за потерями поверхностных вод, особенно в тех случаях, когда зоны интенсивной фильтрации и зоны выклинивания четко разграничены.

Учесть величину потерь на конусах выносов большой трудности не будет, если управления ирригационных систем будут выполнять

пунктуально правила технической эксплуатации ирригационных систем.

В отдельных случаях можно знать величину безвозвратных потерь воды из зоны выклинивания на испарение и транспирацию растениями. Включать наблюдения за указанными статьями расхода грунтовых вод в работу эксплуатационной гидрометрии, едва ли целесообразно. Следует поставить вопрос перед Ташкентским управлением гидрометслужбы о включении данных работ в программу соответствующих гидрогеологических станций. Наблюдения за количеством испаряющейся и транспируемой грунтовой воды сравнительно несложны, и методика их достаточно хорошо разработана американскими гидрогеологами на примере расчета водного баланса в долине реки Эскаланта.

Вопросы регулирования процесса образования возвратных вод для маловодных систем выдвигают более широкую задачу их гидрогеологического изучения. Здесь нельзя ограничиться только учетом величины выклинивающихся вод, а нужно изучать динамику водного баланса в пределах системы в целом. Особенно важен этот момент для ирригационных систем, располагающихся в межадырных котловинах Юго-восточной и Северной Ферганы.

Выбор метода по учету выклинивающихся вод в каждом отдельном случае должен базироваться на гидрогеологических условиях района ирригационной системы и степени требуемой точности их расчета. Для эксплуатационных надобностей, очевидно, метод аналогии и ирригационный не должны применяться, главное внимание должно быть обращено на широкое внедрение гидрометрического и гидрогеологического метода по учету количества выклинивающихся вод.

Схемы программы для изучения процессов образования возвратных вод, в зависимости от выделенных выше типовых случаев гидрогеологического строения районов образования возвратных вод, можно рекомендовать следующие.

Конусы выносов

Программа работ по изучению процесса образования возвратных вод в ирригационных системах, расположенных на конусах выносов, в общем случае должна содержать:

Учет воды, поступающей на конус выноса:

- а) наблюдения за расходами реки у вершины конуса выноса,
- б) учет силевых вод, стекающих на конус с прилегающих склонов предгорий, путем эпизодических наблюдений за их расходами и систематических наблюдений за количеством выпадающих осадков.

Учет потерь поверхностных вод на фильтрацию в зоне погружения грунтовых вод:

- а) определение потерь из русла реки методом руслового баланса;
- б) определение потерь из оросительных и магистральных каналов путем детального их определения для каждого гидрогеологического участка методом руслового баланса;
- в) опытное определение величины потерь поливных вод на глубинную фильтрацию для различных культур и для различных гидрогеологических участков.

Учет выклинивающихся вод:

- а) эпизодические промеры величины поверхностного стока по контуру области интенсивного выклинивания с одновременным проведением замеров руслового баланса наиболее крупных каналов, пересекающих область, частота эпизодических замеров от 4 до 12 в год;

- б) постоянные наблюдения за расходами типичных источников и зауров в зонах интенсивного и слабого выклинивания;
- в) эпизодические промеры руслового баланса наиболее крупных водотоков в зоне слабого выклинивания;
- г) опытные исследования дренажного модуля для районов, имеющих густую заурную сеть.
- д) постоянные наблюдения за осадками и испарением.

Организации приведенных выше исследований, очевидно, должна предшествовать детальная гидрогеологическая с'емка района ирригационных систем, в результате которой дается гидрогеологическое районирование; но есть контуры, по которым организуются эпизодические промеры величины поверхностного стока.

По ряду систем Узбекистана, располагающихся на конусах выносов, эпизодические промеры по контурам зон выклинивания можно заменить постоянным наблюдением по существующей эксплуатационной сети гидрометрических постов при условии дополнения их незначительным количеством новых постов.

Межадырные котловины

Изучение необходимо осуществить только в тех районах, в которых количество возвратных вод имеет практическое значение, так, например, в бассейне реки Сох в Хайдаркандской котловине, в бассейне реки Исфара-Самаркандек—Исфара-Ляканской и т. п.

Объем необходимых исследований для межадырных котловин можно рекомендовать следующий:

- а) организация метстанций на склоне и в пределах котловины для получения данных о количестве выпадающих осадков и температурном режиме котловины;

- б) детальная гидрогеологическая с'емка котловин, в результате которой должна быть дана отчетливая схема соотношений поверхностного и подземного стока;

- в) постоянные гидрометрические наблюдения за:

- а) расходом реки у входа ее в котловину,

- б) то же у выхода ее из котловины,

- в) наиболее крупными источниками, выходящими в пределах котловины и в головах магистральных каналов,

- г) эпизодические промеры руслового баланса реки в пределах котловины по участкам: верхний—потерь, и нижний—выклинивания.

Речные долины в предгорьях имеют практическое значение только в том случае, если поток грунтовых вод, залегающий в рыхлых галечниковых отложениях, обладает значительной мощностью и если в долине, на ее террасах, развито орошение. Например, по реке Сох, следует провести изучение участка в речной долине от кишлака Дивайран до кишлака Сикертма (гидрометрический пост Сары-курган), а по реке Исфара—участка между кишлаком Сур и кишлаком Гальча и т. д.

Исследования в намеченных участках можно ограничить детальной гидрогеологической с'емкой с производством эпизодических промеров руслового баланса по участкам, выделенным в результате гидрогеологической с'емки.

Аллювиальные равнины в междугорных котловинах

Методика исследования возвратных вод разработана еще недостаточно хорошо. В ближайшие годы особенное внимание надо обратить на изучение условий образования возвратных вод в таких системах, как

Чирчикские левобережные, Мианкальские в Самаркандской котловине и т. п. В основу программы исследований следует положить применение метода замкнутых контуров с дополнительным изучением дренажного модуля и режима зеркала грунтовых вод; в первую очередь необходимо организовать изучение руслового баланса наиболее крупных водотоков (Кара-су, коллектора и т. д.)

Ирригационные системы в низовьях речных бассейнов, как отмечалось уже выше, характеризуются плохими условиями оттока подземных вод. Возвратные воды в этих системах, как дополнительный источник орошения, практического значения не имеют. На этих системах главное внимание надо обратить на изучение режима сбросных вод и дренажного модуля заурных систем.

Большое место в исследованиях должно быть уделено вопросу зависимости режима зеркала грунтовых вод, от режима орошения и вопросу получения количественных характеристик величины испарения и транспирации грунтовых вод.

В заключение следует отметить следующее:

Для решения вопросов искусственного регулирования процесса образования возвратных вод необходимо изучать динамику водного баланса ирригационной системы в целом.

Основными методами по учету выклинивающихся вод в практике системных управлений должны являться методы — гидрометрический (замкнутых контуров) и гидрогеологический, основанный на изучении дренажного модуля заурных систем.

В основу изучения условий образования возвратных вод и их режима должны быть положены материалы по гидрогеологии конкретных ирригационных систем.

Ирригационные системы Узбекистана достаточно изучены в гидрогеологическом отношении и имеют в подавляющем большинстве случаев густую сеть эксплуатационных гидрометрических постов, что позволяет без значительных дополнительных затрат правильно организовать изучение режима возвратных вод.
