

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ССРС
ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ТИИИМСХ)

ИНЖ. ЕНГУЛАТОВ И. А.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ
МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ
ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ СЫР-ДАРЬИНСКОГО
РАЙОНА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ, УЗССР

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

ТАШКЕНТ—1959 г.

Реферируемая работа выполнена на Кафедре Эксплуатации гидро-мелиоративных систем ТИИМСХ под руководством доктора технических наук, профессора *ЯНИШЕВСКОГО Н. А.*

Работа состоит из 177 страниц машинописи, 7 рисунков и 48 таблиц.

ВВЕДЕНИЕ

Осуществление директив XXI съезда КПСС, предусматривающих дальнейший подъем сельского хозяйства, в районах орошаемого земледелия часто связано с необходимостью улучшения сложившихся здесь мелиоративных условий. При этом мелиорации приобретают особую важную роль там, где развиваются заболачивание и засоление земель. В этих районах, как известно, важнейшим мелиоративным мероприятием, обеспечивающим рост продуктивности сельского хозяйства, является искусственное регулирование режима грунтовых вод в нужном направлении. Успешное решение задачи регулирования режима грунтовых вод зависит от полноты изученности факторов, формирующих баланс грунтовых вод, и выбора наиболее рациональных в технико-экономическом отношении средств мелиорирования. Вопросами обоснования мелиоративных мероприятий для районов неблагоприятных в мелиоративном отношении занимались многие ученые (отечественные и зарубежные), сделавшие ценный вклад в мелиоративную науку. Однако следует отметить, что практическое решение этой проблемы встречает еще значительные затруднения в отношении количественного определения слагаемых баланса грунтовых вод.

В настоящее время эти слагаемые устанавливаются на основании натуральных исследований, требующих значительной затраты времени и средств. Поэтому, метод обоснования комплексных мелиоративных мероприятий, базирующийся на учете слагаемых баланса грунтовых вод, пока не получил широкого производственного применения.

Автором разработан и предлагается более простой и вместе с тем достаточно точный, для практического пользования, аналитический метод расчета слагаемых баланса грунтовых вод, базирующийся на: физических свойствах почв, метеорологических данных и ирригационных факторах, устанавливаемых для конкретных условий.

ИИ 553.
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

Изложение предлагаемого метода расчета слагаемых баланса грунтовых вод составляет первую часть диссертационной работы. Вторая часть содержит обоснования рекомендуемых автором принципов планирования и проектирования комплексных мелиоративных мероприятий, основанных на учете слагаемых баланса грунтовых вод. Реферлируемая работа состоит из четырех глав.

Первая глава содержит анализ существующей теории и практики обоснования комплексных мелиоративных мероприятий.

Вторая глава посвящена изложению предлагаемого нами метода расчета слагаемых баланса грунтовых вод.

В третьей главе изложены и обоснованы рекомендуемые автором принципы планирования и проектирования комплексных мелиоративных мероприятий по недопущению заболачивания и засоления орошаемых земель.

В четвертой главе даны примеры конкретных расчетов по мелиоративным мероприятиям для Сыр-Дарьинского района УзССР и расчеты слагаемых баланса грунтовых вод для Бухарского оазиса, выполненные по методу автора.

ТЕОРИИ И ОПЫТ ОБОСНОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В диссертации рассмотрены схемы балансовых расчетов и схемы районирования мелиоративных мероприятий, предложенные различными авторами, дана оценка существующей практики обоснования мелиоративных мероприятий при их проектировании, а также освещена роль службы мелиоративного контроля на оросительных системах.

Метод обоснования мелиоративных мероприятий на основе учета слагаемых баланса грунтовых вод предложен впервые академиком КОСТЯКОВЫМ А. Н. Недоучет роли пространства в схеме расчета КОСТЯКОВА А. Н. делает ее мало приемлимой для практического использования. Этот недостаток отмечается и у последующих авторов — ШАУМЯН В. А., ОФФЕНГЕНДЕН С. Р. и др. Проф. КРЫЛОВЫМ М. М. предложена схема расчета с учетом пространственного фактора, в силу чего ей придана конкретность. Однако эта схема расчета, как увидим, может быть упрощена и доведена до стадии, позволяющей выявить задание на регулирование режима грунтовых вод. Схема балансового расчета ВАВИЛОВА А. П. не содержит расчленения зон аэрации и грунтовых вод, что является недостатком. Достаточно стройная схема расчета для прогнозирования режима грунтовых вод предложена АВЕРЬЯНОВЫМ С. Ф. Известные трудно-

сти в выявлении достоверных данных о мощности водоносного слоя и его фильтрационных свойств затрудняют получение уверенных результатов. Во всяком случае результаты расчетов по схеме АВЕРЬЯНОВА С. Ф. могут быть использованы для обоснования общеобязательных мелиоративных мероприятий для новых оросительных систем. К специальным средствам мелиорирования, на основе балансовых расчетов, следует прибегать после относительной стабилизации грунтовых вод. Схема балансового расчета АВЕРЬЯНОВА С. Ф., принятая им для установления задания к расчету дренажа, опубликована в одно и то же время, что и наша схема (1958 г.), поэтому на ней в диссертации мы не останавливались.

Во всех изложенных случаях основная трудность состоит в определении слагаемых уравнений.

Авторы имеющихся схем районирования комплексных мелиоративных мероприятий, хотя и признают необходимость обоснования районирования на основе балансовых расчетов, но в практической части задачу районирования в такой постановке не решают. Кроме того роль технико-экономических расчетов при проектировании мероприятий во внимание не принимается.

За последнее время проявляется заметная тенденция обоснования проектируемых мероприятий с учетом слагаемых баланса грунтовых вод. Трудности определения требуемых слагаемых лишают возможности широкого внедрения этого метода в практику проектирования. Необходимо отметить, что метод обоснования мероприятий с учетом слагаемых баланса грунтовых вод открывает широкие возможности назначения мероприятий, основанных на технико-экономических расчетах. Непроработанность принципов такого проектирования не позволяет использовать в полной мере эти возможности в практике проектирования.

Повседневный контроль мелиоративного состояния территории и получение данных для управления режимом грунтовых вод, составляет основную задачу управлений оросительных систем. Отсутствие четкой схемы расчета задания на регулирование режима грунтовых вод, а также трудности в определении слагаемых баланса, которые были отмечены выше, затрудняют работу службы мелиоративного контроля на оросительных системах.

МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ СЛАГАЕМЫХ БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД

1. Основная схема расчета. Баланс грунтовых вод может быть выявлен, наиболее просто когда известен баланс

почвенной влаги в зоне аэрации. Исходя из этого, баланс почвенной влаги за время (Т) для произвольного слоя почвы (n) можно представить в виде:

$$W_n + K'_{(n-1)} + K_{(n+1)} = W_k + K'_{(n+1)} + K_{(n-1)} \quad (1)$$

где: W_n и W_k — запасы влаги в слое (n) в начале и в конце расчетного времени (Т);

$K'_{(n-1)}$ и $K_{(n+1)}$ — количество влаги, поступившее в рассматриваемую толщу из смежных слоев почвы;

$K'_{(n+1)}$ и $K_{(n-1)}$ — количество влаги, израсходованное балансовым слоем (n) за время (Т). Из выражения (1), как следствие, вытекает уравнение расчета баланса грунтовых вод.

$$W_n + K' + П = W_k + K + Д \quad (2)$$

Введя обозначение $\Delta W = W_k - W_n$ получим:

$$\Delta W = K' - K + П - Д \quad \text{м}^3/\text{га} \quad (3)$$

где: K и K' — главные слагаемые баланса почвенной влаги.
 $П$ — подземный водообмен, складывающийся из разности подземного притока и оттока,
 $Д$ — расход грунтовых вод по дренам.

Из уравнения (3) следует, что условием стабилизации грунтовых вод на проектной глубине является:

$$\Delta W_0 + V = 0$$

Последнее уравнение после преобразований приобретает вид:

$$V = (K' - K'_0) - (K - K_0) - \Delta W - \Delta П - Д \quad \text{м}^3/\text{га} \quad (4)$$

где: K и K' — главные слагаемые баланса почвенной влаги при существующей глубине залегания грунтовых вод;

K_0 и K'_0 — тоже при проектной глубине;

$\Delta П$ — изменение в подземном водообмене, вызванное за счет повышения или понижения уровня грунтовых вод.

Уравнение (4) в конструктивном отношении построено таким образом, что результаты положительного знака показы-

вают на недостаток, а отрицательного знака — на избыток грунтовых вод.

Рассмотрев основные уравнения, перейдем к расчетам их слагаемых.

2. Расчеты элементов капиллярных явлений в однородных грунтах (K). Под элементами капиллярных явлений мы понимаем скорость воды в капиллярах, расход, размеры и конфигурацию капиллярной каймы. При построении расчетной схемы вводим зависимость $r = \varphi R$, благодаря чему задача становится решимой. В указанной зависимости r и R означают радиусы пор и агрегатов грунта.

φ — коэффициент, выражающий зависимость между r и R . Для расчета капиллярной скорости на высоте (h) от грунтовых вод предлагается уравнение следующего вида:

$$V = \varepsilon \sqrt{\frac{A}{h^{1.15}} - B D_0} \quad \text{см/сек} \quad (5)$$

где: $B = 0.5 g \varphi \text{ см/сек}^2$

$A = 2 \delta \cos \theta = 148 \text{ дин/см}$

D_0 — эффективный диаметр в пределах агрегатов, формирующих капиллярную кайму. Как показали наши исследования, D_0 можно установить по методу Газена. При этом отсчет на суммарной кривой следует начать с агрегатов размером $D = 0,0018 \text{ мм}$.

ε — безразмерный коэффициент, определяющийся из уравнения:

$$\varepsilon = 0.062 D_0^{0.625} - 0.0003 \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно D при $\varepsilon = 0$, находим, что при $D = 0,0018 \text{ мм}$ вода в грунтах находится исключительно в связанном состоянии. При этом, полагая упаковку агрегатов по гексагональной системе, находим толщину пленки связанной воды — $t = 0,00015 \text{ мм}$.

$$(\text{При } D \leq 0.0018 \text{ мм. } t = 0.08 D)$$

Решая уравнение (5) при $D = 0,0018 \text{ см}$, находим предельную высоту капиллярного поднятия — до 11,5 м. Размер капиллярной каймы (S_h) на высоте h от уровня грунтовой воды определяется агрегатами, формирующими ее. Причем максимальный размер агрегатов (D_{max}), участвующих в формировании капиллярной каймы, можно установить из уравнения (5) при $V = 0$.

Следовательно зная (D_{max}) из суммарной кривой агрегатного состава (или из уравнения, выражающего эту кривую) можно определить S_h . Для расчета предельного капиллярного расхода предлагается формула:

$$Q = S'_h \cdot V \cdot T \cdot 100 \text{ м}^3/\text{га} \quad (8)$$

где: S'_h — „живое“ сечение капиллярной каймы, определяемое из формулы: $S'_h = n \cdot \alpha \cdot \beta \cdot S_h$

n — просвет, зависящий от системы упаковки агрегатов.

β — коэффициент, учитывающий количество связанной воды, определяемый расчетом.

α — коэффициент, вводимый за счет фракций $D \leq 0,0018 \text{ мм}$.

$$\alpha = \left(1 - \frac{S_h^*}{S_h} \right) \quad (9)$$

S_h^* — площадь капиллярной каймы, формируемая агрегатами $D \leq 0,0018 \text{ мм}$.

Фактический капиллярный расход $Q(K)$ определяется на основе координирующих расчетов, излагаемых ниже. Значение введенного коэффициента (φ) для характерных типов грунтов можно определить постановкой лабораторных исследований по методу МОРОЗОВА А. Г. и ВЕРНАКОВСКОЙ И. А. последующими расчетами по формуле:

$$B = \frac{t^2}{\Delta H^2 D} \left[21 D^{1.25} - 0.21 D^{0.625} + 0.00055 \right] \times \left[\frac{1}{H_2^{1.15}} - \frac{1}{H_1^{1.15}} \right]^2 - \frac{A}{H_1^{1.15}} D \quad (10)$$

Где: H_1 и H_2 — расстояние до двух сечений почвенного монолита от источника питания его водой.

t — время прохождения водой расстояния $\Delta H = H_2 - H_1$ в данном капилляре.

Причем:

а) предельная высота капиллярного поднятия рассматриваемого капилляра определяется расстоянием H_2 ;

б) H_1 следует назначать на малом расстоянии от источника питания, с тем, чтобы пренебречь временем, потребным на прохождение этого расстояния капиллярной

водой. Определив значение (B), не трудно установить значение φ . В общем случае рассматриваемая задача может решаться и в иной постановке.

3. Расчет гравитационно-стекающей воды (K'). Поверхностная вода, попадая на обнажение капиллярной каймы через просветы грунта, вступает в гидравлическую связь с грунтовой водой. Поэтому считаем, что она просачивается до грунтовой воды в объеме:

$$K'_{2(m)} = m S'_h \text{ или } K'_{2(p)} = P S'_h \quad (11)$$

где: m — поливные нормы, применяемые в вегетационный период;

P — количество воды, поступающее на поля за счет осадков и невегетационных поливов за принятый интервал времени (T). Остаток воды в количестве $(m - K'_{2(m)})$ или $(P - K'_{2(p)})$ частично будет просачиваться в внекапиллярное пространство, увлажняя почву от исходной влажности до наименьшей влагоемкости, а частично испаряться. В известных случаях просачивающаяся вода может достигнуть грунтовой воды, пополняя ее запасы.

В связи с этим остановимся на расчетах трех величин, определяющих в совокупности объем почвенной влаги, достигающий грунтовой воды:

1) Наименьшая влагоемкость почвы (HV). Наименьшая влагоемкость или количество влаги удерживаемой почвой (в свободной и связанной форме) без заметного стекания определяем зависимостью

$$HV = C + M$$

где: C — количество свободной воды в долях от веса почвы;

M — тоже связанной воды.

Учитывая точку зрения РОДЕ А. А., полагаем, что основная часть связанной воды находится во внутриагрегатных порах. Поэтому для определения ее количества пишем зависимость:

$$C = \frac{\Pi - \Pi_{\text{норм}}}{\gamma_0} - m \quad (12)$$

где: Π — полная порозность грунта;

$\Pi_{\text{норм}}$ — межагрегатная порозность;

m — количество связанной воды в агрегатах.

Связанная вода обвалакивает поверхность частиц грунта; ее объем выражается формулой: $V = \sum S_i t$

где: t — толщина пленки связанной воды;
 S_i — суммарная поверхность частиц грунта, при диаметре d_i .

Относительное количество связанной воды определяется из соотношения: $M = \frac{V}{\gamma_0}$

Количество связанной воды в агрегатах будет:

$$m = \frac{M(n-1)}{n} \quad (13)$$

И наконец степень агрегатности грунта (n) найдется из зависимости:

$$(1 - \Pi_{\text{норм}})^n = (1 - \Pi) \quad (14)$$

б) Изменение влажности почвы во времени. Если смочить почву до состояния H, B , то влага под влиянием градиента увлажнения будет поступать к испаряющей поверхности. В начальный момент движение влаги будет неустановившееся, в силу чего можно написать следующее уравнение:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = k \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} \quad (15)$$

где: q — удельная влажность почвы;

t — время расхождения влаги на испарение;

k — коэффициент, зависящий от физических свойств грунта;

x — расстояние, отсчитываемое от поверхности земли в направлении грунтовых вод.

В процессе движения влаги к испаряющей поверхности различаем две стадии: в первой стадии скорость движения влаги столь велика, что лимитирующим фактором ее движения является испаряемость; во второй стадии движение лимитируется физическими свойствами грунта. Для первой стадии уравнение (15) решаем при следующих условиях:

$$a) t=0, q=q_0 = \text{const } 0 \leq x \leq H$$

$$b) x=H, q=q_0 = \text{const}$$

$$в) x=0, k \frac{\partial q}{\partial x} = I$$

(16)

где: q_0 — удельная влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости почвы;

H — глубина залегания грунтовых вод;

I — испаряемость.

В таком случае решение уравнения (15) имеет следующий вид:

$$q_{(x,t)} = q_0 - \frac{2IH}{k\pi^2} \sum_1^{\infty} \frac{1}{n^2} \left[1 - \exp\left(-\frac{k\pi^2 n^2 t}{H^2}\right) \right] \cos \frac{\pi nx}{H} \quad (17)$$

где: $n = 1, 2, 3, \dots$

Первая стадия будет продолжаться некоторое время ($t = \tau$), пока на испаряющей поверхности не установится влажность, соответствующая количеству связанной воды (q_c). После этого начнется вторая стадия процесса, к началу которой профиль почвенной влаги охарактеризуется некоторой функцией, вытекающей из уравнения (17). Применительно ко второй стадии уравнение (15) решаем при следующих условиях:

$$a) t=0, q=f(x)$$

$$б) x=0, q=q_c = \text{const}$$

$$в) x=H, q=q_0 = \text{const}$$

(18)

Результаты решения, в виду его громоздкости, не приводим. Ввиду сложности расчетов по указанной методике и неопределенности значения коэффициента (k), в примерах расчета мы применили упрощенный прием, на котором и остановимся.

Известно, что при состоянии влажности разрыва капилляров (В.Р.К.), движение влаги к испаряющей поверхности практически прекращается. Скорость же испарения в поровом пространстве, согласно наших расчетов, пренебрежимо мала. Поэтому содержание почвенной влаги в состоянии ВРК расцениваем как некоторый предельный минимум (при этом учитываем отсутствие длительного периода иссушения почвы). В таком случае на испаряющей поверхности установится влажность, соответствующая количеству связанной воды, а на глубине близкой к зеркалу грунтовых вод влажность грунта всегда будет равна наименьшей влагоемкости. Кроме того БОЛЯБО Н. К. считает, что предполивная влажность активного слоя почвы отвечает состоянию ВРК. Следовательно мы имеем три точки почвенного разреза, у которых влажность является величиной заданной, и по ним, в первом приближении, можно иметь представление о рас-

пределении почвенной влаги в состоянии ВРК. Для почв среднего механического состава и для глубин грунтовых вод, которые характерны для районов неблагоприятных в мелиоративном отношении, уравнение профиля почвенной влаги в состоянии ВРК, построенное по координатам трех точек, можно представить в виде:

$$\beta'_u = 0,78 h^{0,52} + 5 \quad (19)$$

где: h — расстояние, отсчитываемое от поверхности земли в см.

β'_u — влажность почвы в %% от веса.

в) Норма водоподачи по дефициту влаги. Под дефицитом влаги понимаем разность между наименьшей влагоемкостью и исходной влажностью почвы: $\Delta\beta = B \cdot H - \beta'_u$. Тогда общий объем воды, который может быть вмещен в внекапиллярное пространство грунта, определяется из выражения:

$$m'_0 = \frac{\gamma_0}{100} \int_0^H \Delta\beta (1 - S_h) dh \text{ м}^3/\text{га} \quad (20)$$

С учетом процесса испарения, совершающегося в ходе просачивания влаги в почву, пишем:

$$m_0 = m'_0 + et \text{ м}^3/\text{га} \quad (21)$$

где: e — испарение за единицу времени;

m_0 — норма воды по дефициту влаги, приведенная к поверхности земли. В основу расчета времени просачивания объема воды (m'_0) в почву берем формулу Ак. КОСТЯКОВА А. Н.

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}$$

После преобразования указанной формулы получим:

$$t = \sqrt[1-\alpha]{\frac{H_{\text{ср}} (1-\alpha)}{K_1}} \quad (22)$$

где: α — показатель степени, зависящий от проницаемости почвы;

K_1 — коэффициент проницаемости почвы в первую единицу времени;

$H_{\text{ср}}$ — средняя глубина промачивания почвы нормой (m'_0), определяем из выражения:

$$H_{\text{ср}} = \frac{1}{1 - S_{h_0}} \int_0^{H_{\text{ср}}} (1 - S_h) dh \text{ м.} \quad (23)$$

Где: S_{h_0} — площадь капиллярной каймы на поверхности земли.

Наконец, если фактическая норма водоподачи (m) будет более чем норма, установленная по дефициту влаги (m_0), то избыток воды, определяемый из уравнения (24), стечет до грунтовой воды

$$K'_{3(m)} = (m - K'_{2(m)}) - m_0 \text{ или} \\ K'_{3(p)} = (P - K'_{2(p)}) - m_0 \quad (24)$$

На оросительных системах наряду с потерями воды с полей, происходят потери воды из каналов, количество которых зависит от К.П.Д. оросительной сети. Значение К.П.Д. (η), в зависимости от расходов и условий работы каналов, является величиной переменной во времени. Определение КПД сопряжено с большими трудностями, особенно в хозяйственной оросительной сети. Поэтому следует рекомендовать широкое применение методов пересчета КПД, с тем чтобы натурные исследования свести до минимума. В связи с этим остановимся на рекомендуемой методике:

а) при переменном расходе искомый КПД, соответствующий новому расходу (Q'), определяется из зависимости:

$$\eta' = k \eta$$

где: η — КПД системы, установленный исследованиями при расходе (Q).

K — коэффициент пересчета, устанавливаемый из формулы:

$$K = \frac{n^n}{n^n \eta + (1 - \eta)} \quad (25)$$

В формуле (25) можно принять — $m = 0,5$, а значение (n) определять из соотношения — $n = \frac{Q'}{Q}$

б) при однообразном качественном изменении свойств грунта ложа каналов в пределах рассматриваемой территории, можно, на основе выборочных исследований, установить изменения во времени параметра A в формуле КОСТЯКОВА А. Н. ($\delta = \frac{A}{Q^m}$) и тем самым — определить коэффициент пересчета по формуле:

$$\mu = \frac{1}{\eta + (1 - \eta) t} \quad (26)$$

где: значение t определяется из соотношения $\frac{A'}{A}$

в) при одновременном изменении расходов и параметра искомый КПД определится из формулы:

$$\eta' = K \cdot \mu \cdot \eta \quad (27)$$

В заключение отметим, что окончательное значение слагаемого K' выявляется на основе координирующих расчетов.

4. Испарение. В диссертации вопросы испарения рассматриваются: в пористой среде с поверхности оголенной почвы и суммарное испарение с поверхности почвы, занятой травостоем. Расчеты показывают на пренебрежимо малую роль парообразной фазы (в поровом пространстве) в динамике почвенной влаги. Испарение с поверхности оголенной почвы в пределе определяется величиной испаряемости, для определения которой рекомендуем формулу СКВОРЦОВА А. А., с предельным значением эвапорометрического коэффициента — $K_0 = 1,20 - 1,25$.

При затенении поверхности почвы скорость испарения снижается. Для расчета испаряемости в этом случае, на основании материалов ЗУЕВА М. М., нами рекомендуется следующая приближенная зависимость:

$$I_{\text{зат}} = I_{\text{ог}} \left(1 - \frac{p}{100}\right) \quad (28)$$

где: $I_{\text{ог}}$ — испаряемость с поверхности оголенной почвы;

p — затенение поверхности почвы в %.

При наличии на поверхности почвы травостоя, наряду с испарением, возникает транспирация, которая согласно исследованиям ЗУЕВА М. М., для данного поля зависит от фазы развития растения (хлопчатника) и, в пределах межполивного периода, не зависит от степени увлажнения почвы.

Для расчета транспирации пользуемся формулой:

$$I'_m = \epsilon_u Y'_p \quad (29)$$

где: I'_m — суммарная транспирация к определенному времени вегетации;

Y'_p — суммарный урожай сухой массы к тому же времени;

ϵ_u — коэффициент испаряемости с/х. культур, который можно установить по нашим графикам, составленным для хлопчатника (приводится в диссертации). Суммарная испаряемость с почвы занятой травостоем, за расчетный период (T) определяется из формулы:

$$I = I_{\text{зат}} + I'_m$$

Фактическая величина испарения устанавливается координирующими расчетами.

5. Координирующие расчеты. Наиболее удобно балансовые расчеты начать в тот момент, когда влажность в почве соответствует состоянию ВРК и запасы ее в почве условно принять $W_n = 0$. В частности в наших примерах расчеты были начаты с октября месяца.

Выбор расчетных промежутков времени (T) определяется характером решаемой задачи. Для назначенного отрезка времени и для слоя почвы в пределах зоны аэрации принимаем следующее балансовое уравнение, уточняемое в последующем:

$$W_k = W_n + [P - K'_{2(p)}] + [M - K'_{(m)}] - [I - K_1] m^3/га \quad (30)$$

где: W_n — запасы влаги в внекапиллярном пространстве в начале расчетного периода;

W_k — тоже в конце расчетного периода;

$K'_{(m)}$ — объем воды, просачивающейся до грунтовых вод, формируемый за счет вегетационных поливов за время (T). Рассматриваемое слагаемое в свою очередь состоит из суммы:

$$K'_{(m)} = \sum K'_{2(m)} + \sum K'_{3(m)}$$

$\sum K'_{2(m)}$ — объем воды, формирующейся за счет нескольких поливов за расчетное время (T) и просочившейся через „живое“ сечение капиллярной каймы;

$\sum K'_{3(m)}$ — тоже, но просочившейся вне пределов капиллярной каймы.

I — испаряемость.
 K_1 — количество грунтовой воды, испаряющейся через "живое" сечение капиллярной каймы. Мы полагаем, что эта вода всегда находится в контакте с атмосферой, поэтому ее испарение совершается непрерывно. Количество этой воды может быть установлено из зависимости:

$$Q \geq K_1 \leq S'_h I \text{ м}^3/\text{га}$$

В ходе решения уравнения (30) возможны три случая:

$$\text{а) } 0 \leq W_k \leq m'_0$$

в этом случае запасы влаги, устанавливающиеся к концу расчетного периода времени, будут являться W_k для последующего расчетного периода времени.

$$\text{б) } W_k > m'_0$$

в этом случае избыток воды в объеме $K'_{3(p)} = W_k - m'_0$, формирующийся во внекапиллярном пространстве зоны аэрации за счет атмосферных осадков и вневегетационных поливов, стечет до грунтовых вод. К началу последующего периода установится условие: $W_k = m'_0$

$$\text{в) } W_k < 0$$

Поскольку состояние, соответствующее ВРК принято как предельное, начиная с которого доступ влаги к испаряющей поверхности практически прекращается, то допускать указанного условия нельзя. Следовательно запас влаги в почве к началу последующего периода будет определяться равенством $W_k = 0$. Остаток же испаряемости усилит расход грунтовых вод на испарение. Количество испаряющейся грунтовой воды определится из условия:

$$(Q - K_1) \frac{W_k}{(I - K_1)} \geq K_2 \leq W_k \text{ м}^3/\text{га} \quad (32)$$

Суммарный расход грунтовых вод на испарение будет

$$K = K_1 + K_2 \quad (33)$$

Суммарный объем поверхностной воды, просачивающейся до грунтовых вод определится из зависимости:

$$K' = K'_1 + K'_{2(m)} + K'_{3(m)} + K'_{2(p)} + K'_{3(p)} \text{ м}^3/\text{га} \quad (34)$$

6. Расчет изменений в запасах грунтовых вод (ΔW). Рассматриваемое слагаемое определяется из общеизвестной зависимости — $\Delta W = \delta \cdot \Delta h$

где: Δh — изменения в гипсометрическом положении грунтовых вод за время (T), устанавливаемые по данным наблюдений за грунтовыми водами:

δ — коэффициент свободной порозности, на методике расчета которого мы остановимся несколько под

робнее.

Капиллярная кайма рассматривается нами как неотъемлемая часть грунтовой воды. Поэтому избыток почвенной влаги, стекающий до грунтовых вод, частично расходуется на изменение размеров капиллярной каймы, и частично — на изменение гипсометрического положения уровня грунтовых вод. Изменения в профиле капиллярной каймы определяются зависимостью:

$$\Delta S_h = \sum (S_{h_1} - S_{h_2}) \Delta H \quad (35)$$

где: S_{h_1} и S_{h_2} — ординаты профиля капиллярной каймы, соответствующие двум положениям уровня грунтовых вод, отличающихся на высоту Δh .

ΔH — произвольный слой почвы.

Для расчета ординат (S_h) в диссертационной работе приводим зависимости $S_h = f(h)$ для трех типов грунтовых (легкие, средние, тяжелые). Располагая значением ΔS_h , нетрудно определить значение ΔW

$$\Delta W = (\Pi - \beta_u \gamma_0) \frac{\Delta S_h}{100} \text{ м}^3/\text{га} \quad (36)$$

где: Π — порозность грунта в % к объему;

γ_0 — объемный вес грунта;

β_u — средняя исходная влажность почвы, вне пределов капиллярной каймы, определяемая из уравнения

$$\beta_u = \frac{1}{H} \int_0^H \beta'_u dh \quad (37)$$

где: H — высота капиллярной каймы при залегании уровня грунтовых вод в исходном положении.

Наконец искомый коэффициент (δ) определится из соотношения:

$$\delta = \frac{\Delta W}{\Delta h_0}$$

7. Расчет изменений в подземном водообмене ($\Delta\Pi$). Рассматриваемое слагаемое должно быть принято в расчет в тех случаях, когда оно может оказать существенное влияние на проектный режим грунтовых вод. При этом для расчета его значения можно воспользоваться работой Аверьянова С. Ф. В частных случаях может быть использована методика, рекомендуемая нами в диссертации, сущность которой состоит в использовании значения подземного водообмена (Π) вместо мощности водоносного слоя и его фильтрационных свойств.

В заключение отметим, что мы изложили схему расчета задания на регулирование режима грунтовых вод в наиболее развернутом виде. В частных случаях, на которых нет возможности останавливаться, эти расчеты могут быть предельно упрощены.

ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО НЕДОПУЩЕНИЮ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ И ЗАСОЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

1. Расчет проектной (критической) глубины грунтовых вод. Верхний предела залегания уровня грунтовых вод определяется условием недопущения переувлажнения активного слоя почвы и требованиями предотвращения нерационального расходования грунтовых вод на испарение. Первое условие может быть выполнено при назначении проектной глубины по формуле

$$\frac{\theta}{t} [H^t - (H - \Delta H)^t] - C \cdot \Delta H = \frac{\gamma_0 \xi \Delta H}{100\Pi} \quad (38)$$

где: H — проектная глубина грунтовых вод;

ΔH — размер активного слоя почвы;

ξ — допустимый предел увлажнения почвы в % от веса;

$$t = (1 - 1.15a)$$

$$\theta = K \varphi^a$$

Остальные буквенные обозначения вытекают из уравнения капиллярной каймы, которое в общем случае имеет вид:

$$S_h = DK^a - C.$$

D — максимальный диаметр агрегатов грунта, участвующих в формировании капиллярной каймы на высоте (h) от уровня грунтовых вод.

K, a, C — величины, зависящие от физических свойств грунта. Глубина, удовлетворяющая требованиям рационального расходования грунтовых вод устанавливается на основе анализа слагаемых баланса почвенной влаги. В частности, для условий Сыр-Дарьинского района этот предел составляет — 1,5—1,7 м. Одновременно рассматриваемая глубина должна обеспечить условия допустимого содержания солей или их ионов в активном слое почвы. Этот предел определяется из уравнения:

$$\frac{\theta}{t} [H^t - (H - \Delta H)^t] - C \cdot \Delta H = \frac{\gamma_0 \chi \Delta H}{100\Pi \mu} \quad (39)$$

где: μ — концентрация солей или их ионов в грунтовой воде.

χ — допустимый предел содержания солей в почве в % от ее веса. В то же время установленная глубина в результате водообмена не должна допустить увеличения запаса солей в почве. Последнее требование может быть выполнено при условии:

$$\mu K = CK_0' \quad (40)$$

где: K — количество капиллярно — восходящей воды;

K_0' — количество воды, инфильтрующейся с полей до грунтовых вод;

C — растворимость солей в просачивающейся воде.

Из уравнений (39, 40) следует, что глубина грунтовых вод, назначаемая из условия недопущения засоления почвы, является величиной регулируемой. Поэтому ее следует назначать на основе сравнения вариантов. При этом следует иметь в виду, что по мере уменьшения проектной глубины будут уменьшаться затраты на регулирование режима грунтовых вод, а затраты оросительной воды на опреснение — возрастут. После установления проектной глубины из уравнения (4) определяется задание на регулирование режима грунтовых вод, а затем планируются мелиоративные мероприятия.

2. Планирование комплексных мелиоративных мероприятий. Мелиорации земель следует рассматривать как непрерывные мероприятия, совершенствующиеся в приемах и средствах. В соответствии с этим, разрабатываемые планы мероприятий следует подразделить на текущие и перспективные.

Перспективный план, базируясь на достижениях передового опыта и науки, должен предусматривать мероприятия, направленные на реализацию потенциальных возможностей отдельных составляющих комплекса по регулированию режима грунтовых вод, обеспечивая тем самым условия выполнения народнохозяйственных заданий для сельского хозяйства. Оперативный план, являясь неотъемлемой частью перспективного плана, должен в конкретной природной и хозяйственной обстановке предусматривать условия, обеспечивающие выполнение государственных заданий для сельского хозяйства, установленных на ближайшее время. Поэтому средства, вовлекаемые в расчет, должны гарантировать выполнение задания по регулированию режима грунтовых вод в установленный срок.

В соответствии с отмеченными принципами планирования, дадим оценку отдельным средствам мелиорирования.

а) Группа общеобязательных мероприятий. К этой группе относятся — внедрение травопольных севооборотов, развитие древесных насаждений, повсеместное внедрение планового водопользования, борьба за повышение КПД каналов и КИВ на полях, ограничение режима работы каналов и др.

Особенностью этой группы мероприятий является то, что значительная их часть требует для своего внедрения длительного времени. По некоторым из них даже невозможно заблаговременно предвидеть потенциальную способность в выполнении задания. Поэтому при оперативном планировании роль компонентов этой группы не может быть принята в расчет, за исключением мероприятий по ограничению режима работы каналов. Эффект от внедрения рассматриваемой группы может быть установлен путем периодических подсчетов слагаемых баланса грунтовых вод.

б) Группа специальных мероприятий. Мероприятиями этой группы являются — антифильтрационные устройства и дренаж различного типа, не требующие для своего внедрения особых условий. Роль этих мероприятий в выполнении установленного задания по регулированию режима грунтовых вод вполне поддается учету.

Перечисленные особенности этой группы имеют важное значение при планировании комплекса мероприятий (осо-

бенно при оперативном планировании). В вопросе планирования мелиоративных мероприятий исключительная роль принадлежит управлениям оросительных систем и управлениям эксплуатации Министерств Водного хозяйства республик. Полноценные планы внедрения мелиоративных мероприятий обеспечивают условия правильного формулирования заданий на составление проектов мероприятий. В заключение еще раз отметим, что при планировании и проектировании мелиоративных мероприятий важное место принадлежит технико-экономическим расчетам.

3. Вопросы технико-экономического обоснования специальных мелиоративных мероприятий. Экономическую целесообразность каждого типа технических устройств оцениваем стоимостью срабатывания одного кубометра излишней грунтовой воды с площади в 1 га. При этом экономическая эффективность будет определяться двумя показателями:

а) показателем эффективности по капиталовложениям (K_c);

б) показателем экономической рентабельности (K_p).

В диссертации рассмотрены три типа мероприятий: антифильтрационные устройства, горизонтальный дренаж и вертикальный дренаж.

Различные виды антифильтрационных устройств дают различный технико-экономический эффект. С технической точки зрения эффективность рассматриваемого антифильтрационного устройства определяется зависимостью:

$$\Delta V = \Sigma T q_0 \Delta \eta \quad (40)$$

где: ΔV — изменение избытка грунтовых вод за счет применяемой одежды;

q_0 — удельное водопотребление в точках водозабора каналов;

$\Delta \eta$ — изменение КПД за счет одежды. В таком случае экономическая эффективность определится из формул:

$$\frac{1}{K_c} = P_c = \frac{1}{\Delta V} \Sigma AL \quad \text{и} \quad (41)$$

$$\frac{1}{K_p} = P_p = \Sigma (\theta + \mu) P_c \quad (42)$$

где: P_c — строительные затраты, отнесенные на единицу продукции;

A — стоимость одежды одного километра канала;

Δ — удельная протяженность отдельных категорий каналов;

P_c — ежегодные эксплуатационные затраты на содержание одежды каналов;

Θ — коэффициент, учитывающий ежегодные амортизационные отчисления;

μ — коэффициент, учитывающий ежегодные затраты на ремонты.

Следовательно с экономической точки зрения рациональным является тот вариант, который имеет более высокие показатели (K_c и K_p). В результате покрытия каналов возможны 3 случая:

Первый случай — $V_k - \Delta V = 0$

где: $V_k = V - \Sigma \Delta V_0$

V — общий избыток грунтовых вод;

$\Sigma \Delta V_0$ — объем грунтовых вод, запланированный к изъятию общеобязательными мероприятиями. В таком случае можно остановиться на варианте полного покрытия каналов одеждой, если этот вариант будет более эффективным, по отношению к другим техническим устройствам.

Второй случай — $V_k - \Delta V < 0$.

В этом случае следует прибегать к выборочному покрытию каналов на тех участках, где экономические показатели будут более высокими.

Третий случай — $V_k - \Delta V > 0$

В этом случае наряду с антифильтрационными устройствами понадобится применение дренажа, если только полное применение его на будет более эффективным, по сравнению с комбинированным использованием антифильтрационных устройств.

Переходя к рассмотрению горизонтального дренажа, отметим, что наиболее распространенным является случай залегания водоупора на значительной глубине. Поэтому в основу расчета дренажа нами положена формула, рекомендуемая для этих условий. В таком случае плотность дренажа может быть установлена из следующей предлагаемой нами зависимости:

$$\lambda = \sqrt[6]{\frac{1}{d} \left[3.35 \left(\frac{q}{Kh} \right)^{0.8} - 1 \right]} \text{ м/га} \quad (43)$$

где: λ — плотность дрен в м/га;

d — ширина дрен по дну в м;

q — дренажный модуль в м²/сек на га;

K — коэффициент фильтрации в м/сек;

h — напор в м;

Себестоимость единицы продукции определится из формул:

$$P_c = \frac{A\lambda}{V} \quad (44)$$

$$P_p = \frac{\lambda \varepsilon_1}{V} \quad (45)$$

где: $\varepsilon_1 = \varepsilon + \varepsilon_{ш} + \varepsilon_g$

ε — стоимость ежегодных ремонтов;

$\varepsilon_{ш}$ — затраты на содержание штата по обслуживанию одного метра дрены;

ε_g — снижение дохода за счет отчуждений земли под 1 метр дрены.

Уравнение (43) показывает на зависимость между λ и h , поэтому будет правильным выбрать напор на основе экономических соображений. Для этого уравнение (43) дифференцируем по h —

$$\frac{d\lambda}{dh} = - \frac{\alpha}{h^{1.8}} \quad (46)$$

где:

$$\alpha = 2,7 \sqrt[6]{\frac{1}{d} \left(\frac{q}{K} \right)^{0.8}}$$

После преобразований получим формулу расчета экономически рационального напора (h).

$$[dt + mt^2 - F_{кр}] \left[\frac{3.35}{(t-H)^{0.8}} \left(\frac{q}{K} \right)^{0.8} - 1 \right] \lambda \sqrt[6]{\frac{1}{d}} = \frac{\alpha T \varepsilon_1}{(t-H)^{1.8}} \quad (47)$$

где: d — ширина дрен по дну;

t — полная глубина дрены;

m — откос дрены;

H — проектная глубина грунтовых вод;

λ — стоимость единицы земляных работ по сооружению дрен;

T — время возврата средств, израсходованных на создание напора в междренном расстоянии (h);

$F_{кр}$ — сечение дрены, установленное при $t = H$.

Аналогичная формула может быть выведена и для закрытых дрен. Наконец критерий экономической равноцен-

ности дрен и антифильтрационных устройств может быть установлен из следующего уравнения:

$$\Delta\eta = \frac{1}{q_0} \left\{ q - \left[q^{0.8} - \frac{(Kh)^{0.8} \Sigma(\theta + \mu) A \cdot L}{\gamma^{\epsilon_1}} \right]^{1.25} \right\} \quad (48)$$

где: $\gamma = 3.35 \sqrt[6]{\frac{1}{d}}$

$\Delta\eta$ — требуемый прирост КПД каналов, который может обеспечить экономическую равноценность дрен и антифильтрационных устройств.

В случае вертикального дренажа себестоимость единицы продукции определяется из следующих формул:

$$P_c = \frac{A}{\omega V} \text{ и}$$

$$P_s = \frac{1}{\omega V} [(\theta + \mu) A + \epsilon_{ш} + \omega V (H + S) t] \quad (49)$$

где: $(H + S)$ — высота качания воды, складывающаяся из критической глубины и напора;

t — стоимость энергии при значении $v(H + S) = 1$

ω — водосборная площадь одной дрены

$$\omega = \sqrt[8]{r \left\{ 0.54 \left[\frac{K}{q} (S^2 + 2Sh) \right]^{0.97} + 8 \right\}} \quad (50)$$

где: h — слой воды в колодце.

r — радиус колодца.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО МЕТОДУ АВТОРА

1. Расчеты слагаемых баланса грунтовых вод для Сыр-Дарьинского района УзССР. Расчетами охвачена орошаемая зона района, для которой выявлены слагаемые баланса на 1954 г. в разрезе месячных сроков.

Результаты наших расчетов, а также данные других авторов, используемые для проверки, приводим ниже:

а) расход грунтовых вод на испарение.

Испарение полей занятым хлопчатником по данным ряда авторов приводим в таб. 1.

Испарение грунтовых вод с орошаемой зоны составило — 3470 м³/га в год и 3000 м³/га за вегетационный период. Д. М. Кац в своих расчетах, выполненных для узбекской части Голодной степи (включая и неорошаемую зону), ве-

личину испарения принимает — 4855 м³/га в год и 4414 м³/га за вегетационный период. Пересчет этих данных дает величину испарения с грунтовых вод орошаемой зоны — 3400 м³/га в год и 2870 м³/га за вегетационный период.

Таблица 1

Авторы	Глубина грунтовых вод в м						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,25	2,5	3,0
За вегетационный период в м ³ /га							
Наши данные	11800	8200	3000	1037	760	476	296
Данные Крылова М.М.	—	—	3600	1525	620	350	—
„ Киселевой И.К.	—	6172	—	1123	—	—	193
за год в м ³ /га							
Наши данные	12300	8700	3470	1340	—	610	400

б) Просачивание поверхностных вод.

Питание грунтовых вод за счет рассматриваемой статьи приводим в таб. 2.

Таблица 2

	Глубина грунтовых вод в м					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Наши данные в м ² /га в год	9170	7860	5600	4400	3980	3780

Влияние отдельных факторов на режим грунтовых вод следующий:

1. За счет атмосферных осадков — 608 м³/га.
2. За счет просачивания из оросительных каналов — 2883 м³/га
3. Просачивание оросительных вод с полей — 1875 м³/га

Всего: 5366 м³/га

Рассмотрим данные других авторов:

Д. М. Кац в своих расчетах для Узбекской части Голодной степи определяет влияние атмосферных осадков в размере 500 — 600 м³/га, а величину ирригационного питания 4000 — 5000 м³/га в год.

М. М. Крылов для этих же условий величину ирригационного питания определяет цифрой 3500 — 4000 м³/га в год.

Составители проекта развития орошения земель в зоне командования Кировского магистрального канала (в пре-

делах УзССР) полагают, что просачивание воды с полей составляет 23—25% от головного водозабора.

В таком случае при КПД оросительной системы 0,65 объем просачивающейся воды с полей должен составить 1900—2100 м³/га.

Кенисарин Н. А. для условий Голодной степи считает, что количество осадков, проникших до грунтовых вод, при их глубине 2—3 м, составляет 20—25% от их общего количества. В нашем случае количество выпавших осадков составило 284 мм (при крайне дождливой осени 1953 г.). Следовательно, при глубине грунтовых вод 2 м. (близкой к той, которая имела место в районе), объем проникших осадков должен составить — 570 м³/га.

в) Значение подземного водообмена (П).

Рассматриваемое слагаемое характеризуется данными таб. 3.

Таблица 3

Террасы	1 тер.	II тер.	III тер.	Шурузьякское понижение
Подземный водообмен (П) м ³ /га в год	+125	-2650	-750	+615

2. Соображения по гидротехническим мероприятиям.

а) Проектная глубина грунтовых вод установлена по формулам (39, 40). При этом допустимое содержание хлора в метровой толще почвы принято — 0—0,02%.

Результаты расчетов приводим в таб. 4.

Таблица 4

Авторы Террасы	I тер.	II тер.	III тер.	Шурузьякское понижение
Наши данные	2,4 м	1,8 м	2,25 м	3,10 м
Данные Д. М. Кац для аналогичных условий	2,2 м	1,90 м	2,36 м	2,65 м

б) Пользуясь уравнением (4) устанавливаем задание по регулированию режима грунтовых вод на проектной глубине. Результаты за май, июнь и июль месяцы (расчетный период) приводим в таб. 5.

в) Вариант открытого дренажа.

Размеры дренажа определяем по формулам (43, 47). При расчете напора принимается:

$$\epsilon_1 = 6 \text{ р. } 15 \text{ коп и } T = 5 \text{ лет}$$

Результат приводим в таб. 6.

Таблица 5

Террасы	I тер.	II тер.	III тер.	Шурузьякское понижение
Избыток грунтовых вод (V)	1805	907	2260	2483
Расчетный дренажный модуль (л/с. га)	0,23	0,12	0,28	0,32

Таблица 6

Наименование террас	Плотность дрен (λ)	Расстояние между др.	Напор (h)	Глубина (t)
1 терраса	14 м/га	700 м	1,35 м	3,75 м
2 "	6 м/га	1700 м	1,50 м	3,80 м
3 "	18 м/га	550 м	1,35 м	3,60 м
Шурузьякское понижение	40 м/га	250 м	1,20 м	4,30 м

г) Вариант бетонирования каналов постоянного действия. Рассматриваемый вариант рассчитан при следующих данных:

$$\epsilon_1 = 6 \text{ р. } 55 \text{ к. и } \Sigma (\theta + \mu) A \Delta = 60 \text{ руб. на га.}$$

Расчеты показывают на целесообразность бетонирования каналов в пределах III террасы и в Шурузьякском понижении.

д) Вариант вертикального дренажа.

При расчете эксплуатационные затраты приняты в размере 185 р/га в год. Расчеты показывают на возможность применения этого варианта в Шурузьякском понижении. В результате сравнения вариантов состав рекомендуемых технических устройств приводим в таб. 7.

3. Расчет слагаемых баланса грунтовых вод для Бухарского оазиса. Весь Бухарский оазис в пределах орошаемой части нами рассматривался как один балансовый участок, для которого установлены осредненные слагаемые баланса грунтовых вод по данным 1956 г.

При расчетах был применен несколько упрощенный прием, состоящий в введении в уравнение (3) разности $\Delta K = K' - K$, что значительно облегчило ход расчетов.

Таблица 7

Наименование террас	Рекомендуемые технические устройства
I терраса	Открытый горизонтальный дренаж $\lambda = 14$ м/га и глубиной $t = 3,74$ м.
II терраса	Тоже $\lambda = 6$ м/га и $t = 3,3$ м.
III терраса	Бетонирование отдельных звоньев каналов постоянного действия, имеющих КПД 0,87 — 0,90. Наряду с этим горизонтальный дренаж $\lambda = 10$ м/га $t = 3,6$ м.
шурузьякское понижение	Бетонирование каналов и вертикальный дренаж.

В результате расчетов имеем:

а) Испарение грунтовых вод, в зависимости от их глубины, характеризуется данными табл. 8.

Таблица 8

Глубина гр. вод	Испарение грунтовых вод в м		
	по автору	данные Кац Д. М. за 1956 г.	данные Кац Д. М. осредненные за ряд лет
1,0	10960	11930	10300
1,5	4805	4500	5450
2,0	1670	2380	2040
2,5	823	600	784
3,0	424	880	835

В среднем суммарное испарение с орошаемых земель (испарение с грунтовой воды и с почвы) составляет 8520 м³/га в год. В том числе грунтовой воды 2460 м³/га и оросительной воды с осадками 6060 м³/га в год.

б) Пополнение запасов грунтовых вод за счет потерь воды из оросительной сети и с полей составляет 4784 м³/га в год.

в) На орошаемой зоне наблюдается преобладание отрицательного водообмена в среднем на 1000 м³/га в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из приведенных данных видно, что слагаемые баланса грунтовых вод, установленные нами теоретическим путем

имеют хорошую сходимость с данными полевых исследований. (Расхождение 10 — 15 %).

Это обстоятельство позволяет нам рекомендовать замену применяемого в настоящее время экспериментального метода исследования слагаемых баланса грунтовых вод теоретически — экспериментальным методом, являющимся более мобильным и дешевым методом обоснования мелиоративных мероприятий. Следует отметить необходимость дальнейшего усовершенствования предлагаемого нами метода и упрощения расчетных операций.

Содержание диссертационной работы опубликовано в Трудах Ташкентского Института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства — вып. № 8, Госиздат, 1957 год.

