

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА „САНИИРИ“

ТРУДЫ САНИИРИ

Выпуск 123

ГИДРОЛОГИЯ, ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

ТАШКЕНТ — 1971

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
Ордена Трудового Красного Знамени СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА „САНИИРИ“

ТРУДЫ САНИИРИ

Выпуск 123

ГИДРОЛОГИЯ, ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

ТАШКЕНТ — 1971

УДК 626

В сборнике даются результаты гидрологических исследований различных орошаемых районов Узбекистана Голодностепского района, районов Ферганы и др.); исследуется структура водного баланса и его динамика под влиянием водохозяйственного строительства, испарение с водной поверхности р. Вахш; предлагается способ учета пространственной неравномерности дождей при расчете дождевых паводков. В книге исследуется влияние рельефа на формирование почвенной влажности; исследуется качество воды р. Ахангаран.

Книга рассчитана на научных, инженерно-технических работников, проектировщиков и студентов гидротехнической специальности, гидрологии и гидрогеологии.

Редакционная коллегия

Ф. Н. Наджимов (отв. ред.), Р. А. Алимов, Х. А. Аскарлов, К. И. Белоцерковский, Г. Г. Валентини, И. И. Горошков, А. А. Кадыров, С. И. Кеберле, Н. Т. Лактаев, В. С. Лапшенков, А. М. Мухамедов, У. Ю. Пулатов (зам. отв. ред.), А. А. Рачинский (зам. отв. ред.), И. Б. Хамадов, Х. И. Якубов.

Ф.Э.РУБИНОВА, М.И.ГЕТКЕР

ВОДНЫЙ БАЛАНС ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Основные массивы земель перспективного орошения расположены в районах со слабой естественной дренированностью. В этих условиях орошение ведет к особо резкому нарушению естественно сложившегося водного баланса, превышению прихода влаги над ее расходом и быстрому подъему уровня грунтовых вод.

В гидрогеологической литературе (Шаров, Крылов, Хаджибаев) известны попытки определения величины ирригационного питания грунтовых вод методом составления баланса подземных вод. При этом составляющие водного баланса оценивались по лизиметрическим исследованиям и данным отдельных ключевых участков. На примере Голодностепского ирригационного района, освоение которого ведется уже более 50 лет, мы попытались дать оценку ирригационному питанию грунтовых вод составлением водного баланса территории.

Накопление запасов грунтовых вод за счет превышения прихода влаги над ее расходом, определяемое как остаточный член уравнения водного баланса, может содержать значительные погрешности. Однако методы, употребляемые гидрогеологами и основанные на перенесении показаний лизиметров и отдельных ключевых участков на большие регионы (Хаджибаев, 1966 г.), содержат, на наш взгляд, не меньшие ошибки. Структура и количественные показатели водного баланса в лизиметрах весьма далеки от реальных условий. Метод водного баланса, применяемый для значительной по размерам территории за большие интервалы времени (5 лет), дает представление о направленности процесса и позволяет определить некоторые приближенные его количественные характеристики.

Граница балансируемой территории на юге проходит по предгорному шлейфу Туркестанского хребта, на востоке

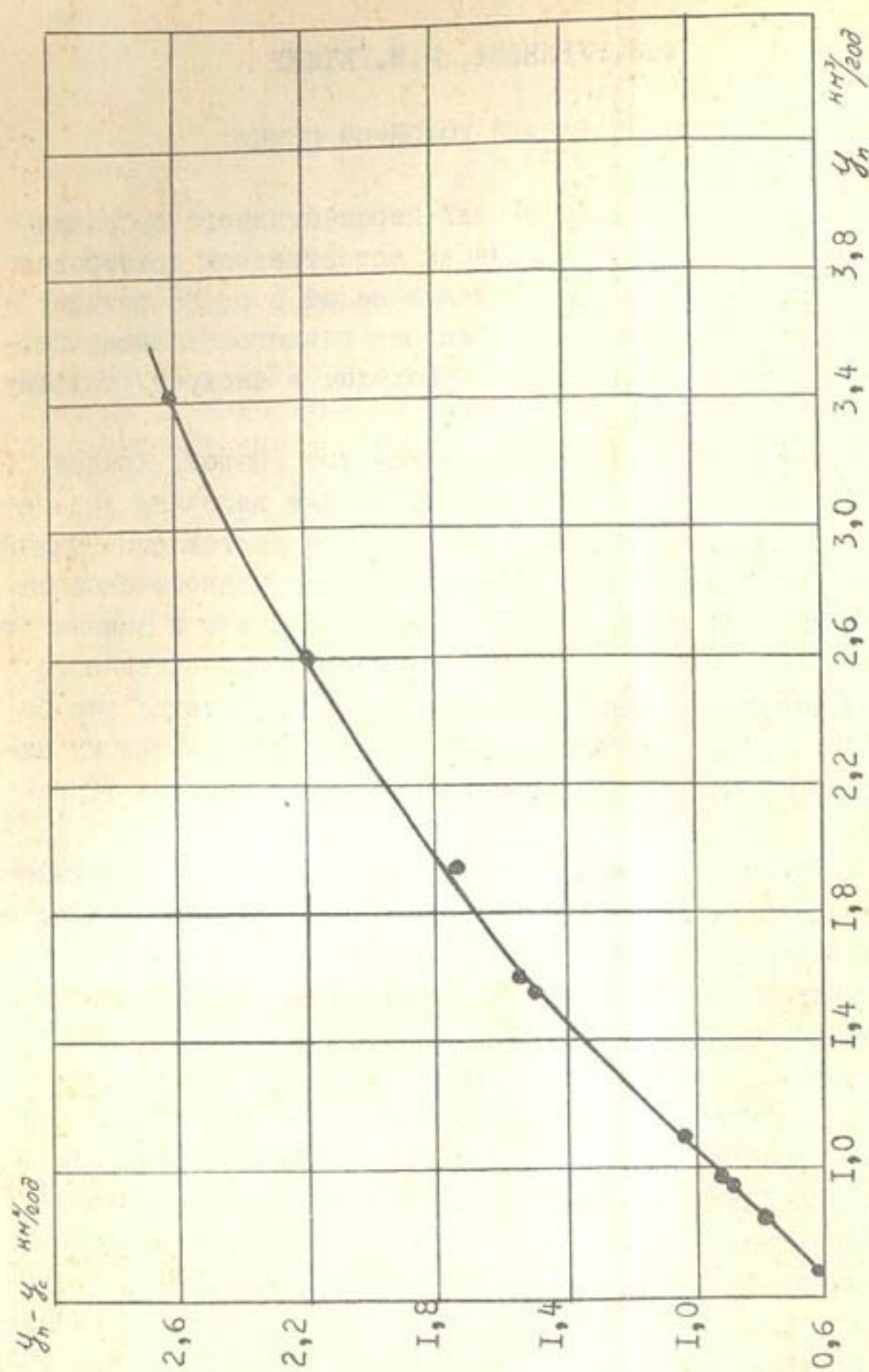


Рис. I. I. Потери стока в Голодной степи в зависимости от водоподачи-брутто.

и севере — по руслу р.Сырдарья, а на северо-западе и западе — по предкызылкумской песчаной равнине. Юго-западная и западная границы степи условно приняты нами по р.Клы, оз.Тузкане и Арнасайскому понижению.

Голодностепский район представляет собой типичную зону рассеивания стока. Основным источником орошения является р.Сырдарья, из которой вода забирается каналами "Беговат", Баяут-ЮГК, им.Кирова и ТМ-1, ТМ-2. Некоторое количество земель (главным образом в предгорьях Нуратинского хребта) орошается с древних времен за счет рек, стекающих с отрогов Туркестанского хребта. Сток этих рек полностью используется в указанном районе и практически не влияет на водный баланс основной части Голодной степи, в которой шло и идет освоение новых целинных участков. Основные изменения в структуре водного баланса Голодной степи, связанные с развитием орошения, происходят в ее центральной части, севернее Южного Голодностепского канала (ЮГК). Орошение Сырдарьинской водой земель южнее ЮГК осуществляется лишь на небольшой территории каналов ТМ-1 и ТМ-2. Из ЮГК вода забирается лишь на территорию, расположенную севернее канала. Кроме того, трасса ЮГК проходит по зоне выклинивания грунтовых вод, формирующихся в отрогах Туркестанского хребта. Исходя из сказанного, мы условно ограничили воднобалансовый контур с юга по трассе ЮГК, включив в него лишь земли орошения насосными станциями ТМ-1 и ТМ-2.

Водное хозяйство Голодной степи развивается уже более 50 лет. За эти годы орошаемая площадь увеличилась с 14 (1914 г.) до 311 тыс.га (1967 г.), водоподача-брутто возросла с 0,5 км³/год в 1914 г. до 4,6 км³/год в 1967 г., а удельная водоподача сократилась с 36 тыс. (1914 г.) до 12-13 тыс.м³/га. Все эти мероприятия не могли не отразиться на структуре водного баланса Голодной степи. Изменения, происходившие в водном режиме этого района на разных уровнях водохозяйственного строительства, отчетливо

проявляются при решении уравнения водного баланса:

$$x + (y_n - y_c) + (V_n - V_o) - E_c \pm (\Delta W + \Delta V) = 0, \quad (1)$$

где x — атмосферные осадки, выпадающие на поверхность балансируемого контура;

$(y_n - y_c)$ — разность между поверхностным притоком в контур и оттоком из него;

$(V_n - V_o)$ — разность между подземным притоком в контур и оттоком из него;

$(\Delta W + \Delta V)$ — изменение запасов влаги в зоне аэрации (ΔW) и объема грунтовых вод (ΔV) за счет потерь стока на фильтрацию из каналов и на орошаемых полях;

E_c — потери на суммарное испарение.

Наибольший интерес представляет оценка величин $(\Delta W + \Delta V)$, т.е. количество ирригационной воды, перешедшей в категорию почвенной и грунтовой. При принятом расчетном интервале времени (5 лет) и водохозяйственной разрезке года (с мая по апрель) естественная временная вариация величины ΔW выражена незначительно. Вместе с тем, в начальной стадии освоения целинных земель при глубоком уровне залегания грунтовых вод некоторое количество ирригационных вод идет, вероятно, на увеличение влажности почво-грунтов в зоне аэрации. Однако скудность почвенно-гидрологической информации препятствует, к сожалению, обоснованному расчету этой величины. Анализ немногочисленных профилей влажности не дает оснований считать ΔW существенной. Поэтому условно примем, что сумма $(\Delta W + \Delta V)$ целиком относится к накоплению запасов грунтовых вод. Это допущение несколько завышает последние. Уравнение (1), решенное относительно ΔV , имеет вид:

$$\pm \Delta V = x + (y_n - y_c) + (V_n - V_o) - E_c. \quad (2)$$

Сведения о подземном притоке в балансируемый контур и оттоке из него весьма разноречивы /7, 4/.

Между тем, до начала работ по орошению водный баланс Голодной степи находился в равновесии /4/ и, следовательно, разность между подземным притоком и оттоком шла на испарение. Это обстоятельство, обусловленное относительной стабильностью подземного притока в контур с окружающей его территории и оттока из него, позволяет не вводить эти величины в уравнение водного баланса, решенное относительно ΔV^I .

$$\pm \Delta V = \chi + (y_n - y_e) - E_e. \quad (3)$$

Тем самым мы полагаем, что изменение запасов грунтовых вод в Голодной степи происходит полностью под влиянием ирригационно-мелиоративных факторов.

Атмосферные осадки на поверхность балансируемого контура вычислены по данным 16 метеостанций и постов, расположенных в Голодной степи и сопряженных с нею территориях. В измеренные суммы осадков предварительно введены поправки на смачивание и ветровой недоучет.

Годовые суммы (с мая по апрель) осадков за последние 10 лет получены методом среднего взвешенного $\bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{100}$, где $\bar{x}$ — средний по площади слой, мм; x_i — слой осадков в пункте наблюдений, мм; f_i — площадь, подкомандная пункту наблюдений, % от общей. Для расчета среднего по балансируемой территории слоя осадков за период 1930–1955 гг. использована зависимость средневзвешенного слоя осадков от среднеарифметического по данным 4-х станций (Дальверзин, Пахтаарал, Чиназ, Янгиер). Средний слой осадков за 1915–1929 гг. восстановлен по достаточно надежной перекидной связи среднего из показаний 4-х станций с осадками, регистрируемыми станцией "Мирзачуль".

^I Грунтовое питание ЮГК, равное 0,001 км³/год, учитывается в приходной части баланса.

Поверхностный приток в Голодностепский ирригационный район складывается из водозаборов в каналы "Беговат", им.Кирова, "ЮГК", ТМ-1, ТМ-2.

Поверхностный отток с территории Голодной степи осуществляется по коллекторно-дренажной сети¹. Первые сведения о поверхностном сбросе относятся к 1948-1949 гг., когда орошалось 120 тыс.га (табл.1). Между тем, еще в 1911-1915 гг. при орошении 30 тыс.га в степи было построено несколько сбросов. Сведения о коллекторно-дренажном стоке в 1948-1949 гг. приняты в качестве оценки оттока за более ранние годы. Подобная оценка завышена, но не слишком сильно, учитывая значительно меньшую (чем в площадях) разницу в общем водозаборе. В 1954-1957 гг. построена первая очередь самой крупной водоотводящей артерии Голодной степи - Центрального Голодностепского коллектора.

Из старой зоны орошения в ЦГК самотеком включены Джетысайский и Баяутский коллекторы, В-С-13 и, при помощи машинной передачи, - Сардобинский. Из зоны нового орошения сюда включены ЦК-6, ЦК-7 и др. Воды ЦГК сбрасываются в Арнасайское понижение, куда впадают также Арнасайский и Кызылкушский коллекторы. Помимо Арнасайского около десятков коллекторов сбрасывают воды в р.Сырдарья на участке Беговат-Чардара.

Разница между водозабором в Голодную степь (y_n) и коллекторно-дренажным стоком (y_c) состоит из потерь стока на испарение и питание грунтовых вод. Величины этих потерь пропорциональны водозабору в каналы (рис.1).

Потери на суммарное испарение в значительной степени определяются видом испаряющей поверхности, поэтому расчет их велся дифференцировано для орошаемой и неорошаемой территорий.

Общепринятой методики расчета испарения с орошаемых полей пока не существует. Тем не менее определенные реко-

¹ Сведения о поверхностных притоке и оттоке приведены по данным эксплуатационной гидрометрии ММВХ УзССР.

мендации на этот счет уже имеются. К ним относятся предложения Т.М.Гельбух (1967), Б.Е.Милькиса, Л.Н.Побережского (1968). Расчеты Т.М.Гельбух, основанные на методе теплового баланса, дают оценку суммарного испарения для орошаемого хлопкового поля в размере 800 мм за период вегетации. Правда, ее рекомендации основаны лишь на наблюдениях на агрометстанции Бозсу (Ташкентская область). Б.Е.Милькисом на основе метода теплового баланса для территории Ферганской долины построена карта испарения с хлопкового поля, из которой следует, что $E_{\text{хл}}$ за вегетационный период меняется в пределах 750–820 мм. Согласно исследованиям САНИИРИ в голодностепских совхозах № 6, 7, 18 испарение с хлопкового поля за тот же период равно в среднем 780 мм. Эта величина и использовалась в расчетах.

Помимо хлопчатника в состав земель входит люцерна, рис, приусадебные участки и многолетние насаждения. По рекомендации Б.Е.Милькиса были приняты коэффициенты для перехода от испарения хлопчатника к испарению других культур. Исходя из этих рекомендаций и соотношения площадей, занятых под разными сельскохозяйственными культурами, подсчитан средневзвешенный слой потерь на испарение с орошаемой территории. За последние 15 лет он оказался равным 820–850 мм (табл.2). Некоторое сокращение потерь на испарение в последнее пятилетие связано, вероятно, с незначительным снижением притока солнечной радиации, а также с уменьшением в исследуемом районе посевов риса и увеличением хлопчатника. По аналогии с 1950–1960 гг. средний по орошаемой территории слой потерь в 1925–1950 гг. принят равным 850 мм. В первые пятилетки (1915–1925) ввиду того, что полив осуществлялся напуском, огромными поливными нормами ($> 20 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$), мы сочли целесообразным испарение в вегетационный период принять равным испаряемости. Для невегетационного периода (X–IV) можно допустить испарение ($E_{\text{д}}$) равным атмосферным осадкам, выпа-

дающим в этот период. В пользу этого допущения свидетельствуют расчеты испаряемости ($\frac{E}{E_0} < 0,5$) и данные фактических наблюдений САНИИРИ в Голодной степи^I. Режим испарения с орошаемых полей в невегетационный период может изменяться вследствие проведения влагозарядковых и промывных поливов. Величина испарения при этом находится под влиянием двух противоположных процессов. С одной стороны, испарение с водной поверхности (залитое поле) меньше, чем с поверхности почвы, увлажненной до НВ. С другой стороны, в некоторые периоды времени влажность почвы на участках с влагозарядкой и промывкой может быть больше, чем на участках с естественным режимом увлажнения. За эти периоды испарение с таких участков будет больше, чем с остальной орошаемой площади. Стремясь не занижить величину испарения и тем самым не завысить ΔV , допускаем, что второй фактор (повышенное увлажнение на участках почвы с влагозарядкой и промывкой) преобладает. Добавочное испарение за счет этого фактора, согласно данным С.И.Ваничкиной (1968), примем равным 10% от водоподачи в этот период. Результаты расчета (E_s) приведены в табл.2.

Потери на испарение с неорошаемой территории в условиях Голодной степи равны атмосферным осадкам (E_4), выпадающим на нее в сумме с влагой, поступающей при почвенно-грунтовым подтоке со стороны орошаемых полей ($E_s + E_6$). Подток этот, очевидно, неодинаков на территорию, расположенную внутри орошаемого контура и на его периферии. В связи с этим подсчет дополнительных потерь с неорошаемой территории велся отдельно для этих участков.

Площадь $\phi_{\text{н}}'$ (перелог, залежи, околдренные полосы и др. неполиваемые земли) для периода освоения степи до 1950 г. ориентировочно может быть принята равной 50% от площади, расположенной внутри орошаемого контура. Эту величину мы приняли по данным М.М.Крылова, относящимся

^I В невегетационный период 1967–1968 гг. с орошаемого поля испарилось 362 мм, из которых 335 мм составили атмосферные осадки. Испарение с целинного участка также фактически равно осадкам за тот же период.

к 1938–1939 гг., 1939–1940 гг. Поскольку величина коллекторно-дренажного стока как косвенного показателя мелиоративного состояния земель, а следовательно, и их использования начала увеличиваться лишь с 1950-х годов, мы приняли Φ'_H , равной 50% до 1950 г.

В последние три пятилетия, в связи с улучшением мелиоративного состояния земель и освоения земель в Новой зоне, коэффициент земельного использования (КЗИ) увеличился до 0,75 (Копп, 1968). Следовательно, для этого периода удельный вес неполивных земель сократился до 25%. Согласно исследованиям, проведенным отделом гидрологии САНИИРИ в совхозе № 18, величина добавочного испарения за счет почвенно-грунтового подтока на неорошаемую территорию с окружающей ее – орошаемой, может быть принята в размере 30% от испарения в вегетационный период с орошаемого поля E_s (табл.2). Дополнительные потери на испарение с неорошаемой территории, расположенной на периферии орошаемой E_6 , значительно меньше E_s и составляют, согласно Г.С.Ефимову (1968), 5% от суммарной водоподачи.

Отсутствие достаточно детальных исследований "краевого эффекта" орошения, выражающегося в подпитывании неорошаемой территории со стороны прилегающей (орошаемой), делает принятую оценку весьма ориентировочной. Дополнительные потери на испарение ($E_s + E_6$) с неорошаемой территории за счет подтока со стороны орошаемой меняются от 0,100 км³/год в первые годы освоения степи до 0,300–0,400 км³/год – в последние. Величина эта в значительной степени связана с суммарной водоподачей и размером орошаемых площадей и КЗИ. Величины E_s , E_s и E_6 рассчитаны весьма ориентировочно, ввиду отсутствия надежных наблюдений. Однако суммарная величина этих дополнительных потерь как правило меньше 10% (лишь в 1940–1950 гг. она несколько превышает 11%) от суммарных потерь на испарение. В связи с этим даже существенные ошибки в расчетах этих величин не должны значительно сказаться на точности расчета

суммарного испарения с поверхности балансируемого контура в целом. Однако уточнение данных компонентов суммарного испарения существенно важно при расчетах ΔV , аналогичных приводимым ниже.

При оценке испарения мы не учли величину потерь с водной поверхности оросительной сети, вследствие несоизмеримости ее с другими составляющими суммарного испарения¹. Расчеты показали, что слой потерь на испарение с орошаемой территории сократился с 14-15 тыс. м³/га в первые годы освоения степи до 11-12 — в последующие. Испарение с неорошаемой территории несколько выросло за счет краевого эффекта орошения. Суммарное же испарение с поверхности балансируемого контура выросло с 200-300 мм в 1915-1925 гг. до 600 мм в последние 10 лет. Средний слой испарения за 1960-1965 гг. равен, по нашим расчетам, 608 мм. По данным Т.М.Гельбух, за 1962-1965 гг. оно равно 620 мм. Итак, уравнение (3), решенное со всеми принятыми допущениями относительно величины ΔV , позволяет приблизительно определить величину ирригационного питания грунтовых вод. Оценка этого питания может быть несколько завышенной ввиду неучета ΔW . Однако анализ литературных данных, указывающих на чрезвычайно быстрый подъем уровня грунтовых вод после поливов, и аналогичные наблюдения в совхозе № 18, показывают, что исходная влажность зоны аэрации не оказывает существенного влияния на интенсивность подъема уровня грунтовых вод. Это дает основание в первом приближении рассматривать полученную величину в качестве оценки ирригационного питания грунтовых вод. Для оценки достоверности наших расчетов сопоставим величину ΔV , полученную по разности между приходной и расходной частями уравнения водного баланса, с аналогичной величиной, рассчитанной по картам глубин залегания грунтовых вод. Согласно этим картам, средневзвешенный по исследуемой территории уровень грунтовых вод в 1913-

¹ По данным Л.Н.Побережского и М.И.Геткера (1968), эта величина в новой зоне орошения составляет 0,002 км³/га.

1914 гг. был равен 14,5 м, а в 1965 г. поднялся до 6,8 м, т.е. прирост равен 7,7. Приняв коэффициент водовместимости почво-грунтов равным 0,1 (Хаджибаев, 1966), можно от ΔH перейти к изменению запасов грунтовых вод, которые в этом случае будут равны 6,2 км³. Из уравнения водного баланса следует, величина ΔV составила 7 км³, а уровень грунтовых вод в среднем по степи поднялся на 8,8 м. Столь близкое совпадение величин ΔV и ΔH , полученных двумя совершенно различными методами, позволяет считать принятые допущения близкими к реальности. Кроме того, близость ΔV и ΔH оправдывает применение метода водного баланса даже с современной изученностью его компонентов для расчета величин ΔV за длительные интервалы времени и для больших территорий.

Из табл. I следует, что за весь период освоения степи (50 лет) на питание грунтовых вод ушло свыше 7 км³ ирригационной воды, т.е. 9% от водозабора — брутто. В первые пять лет потери стока на питание грунтовых вод составили около 40% от объема стока головного водозабора (табл. 3). В последующие два десятилетия (1920–1930 гг.) они сократились до 20%, а в 1930–1935 гг. до 10%. В среднем за последние 30 лет (1935–1965 гг.) потери ирригационной воды на питание грунтовых вод несколько превысили 5%, колеблясь в отдельные десятилетия в пределах 2–9% (размах колебаний обусловлен и ошибками расчетов). На суммарное испарение израсходовано за 50 лет 61,8 км³ воды, т.е. 79% от водоподачи-брутто. Из этих потерь 13,2 км³, или 17% от суммарной водоподачи, расходуется на дополнительное испарение с неорошаемой территории, связанное с почвенным перетоком влаги с орошаемых полей. На испарение с орошаемой площади-нетто за расчетный период ушло 48,6 км³ воды, или 62%, от водоподачи-брутто. Поскольку на транспирацию тратится около 70% суммарного испарения, то непосредственно на создание растительной массы ушло немногим более 43% от объема сырдарьинской воды, подаваемой в Голодную степь. Величины потерь стока на испарение не остаются

Водный баланс

Расчетный период	F_o тыс. га	Приход, км ³ /год				Расход, км ³ /год			
		y_n	x	V	Σ	y_c	E_c	Σ	
1915-1920	28,0	0,84	1,38		2,22	(0,06) 1,83	1,89		
1920-1925	29,5	0,67	2,32		2,99	(0,06) 2,78	2,84		
1925-1930	59,8	0,97	1,95		2,92	(0,06) 2,65	2,71		
1930-1935	69,9	0,94	2,48		3,42	(0,06) 3,27	3,33		
1935-1940	83,5	1,10	2,03		3,13	(0,06) 2,99	3,05		
1940-1945	129,7	1,60	2,45		4,05	(0,06) 3,95	4,01		
1945-1950	119,1	1,55	2,24		3,79	0,06 3,59	3,65		
1950-1955	167,1	1,94	2,74		4,68	0,21 4,35	4,56		
1955-1960	213,5	2,59	2,59		5,18	0,43 4,70	5,13		
1960-1965	256,0	3,42	2,42	0,012	5,87	0,81 4,86	5,67		

Условные обозначения:

- F_o - площадь орошаемых земель;
 y_n - суммарная водоподача-брутто;
 x - атмосферные осадки;
 V - подземный приток;
 y_c - коллекторно-дренажный сток;
 E_c - суммарное испарение с балансируемой территории;
 ΔV - изменение запасов грунтовых вод;
 ΔH - изменение среднего уровня грунтовых вод.

голоднотепского ирригационного района

Таблица I

ΔV км ³ /год	$\Delta V + y_c$ км ³ /год	ΔH м/год	% от y_n		Удельные показатели, тыс. м ³ /га				
			ΔV	$\Delta V + y_c$	y_n	ΔV	$\Delta V + y_c$	y_c	
0,33	0,39	0,40	39	46	30,0	11,6	13,7	2,1	
0,15	0,21	0,18	22	31	22,7	5,0	7,0	2,0	
0,21	0,27	0,27	22	28	16,3	3,6	4,6	1,0	
0,09	0,15	0,12	10	17	13,4	1,4	2,2	0,8	
0,08	0,14	0,10	7	12	13,2	0,9	1,6	0,7	
0,04	0,10	0,04	2	6	12,3	0,2	0,7	0,5	
0,14	0,20	0,18	9	13	13,0	1,2	1,7	0,5	
0,12	0,33	0,16	6	17	11,6	0,8	2,0	1,2	
0,05	0,48	0,06	2	18	12,2	0,2	2,2	2,0	
0,20	1,01	0,25	6	30	13,4	0,8	3,9	3,1	

Расчет потерь на испарение

Период осреднения	F_0 тыс. га	Орошаемая территория						F_n тыс. га	F_n' тыс. га
		испарение, мм		испарение, км ³ /год					
		E_1	E_2	E_1	E_2	E_3	E_4		
1915-1920	28,0	1250	142	0,35	0,04	-	0,39	772	28,0
1920-1925	29,5	1250	245	0,37	0,07	-	0,44	770	29,5
1925-1930	59,8	850	216	0,51	0,13	-	0,64	740	59,8
1930-1935	69,9	850	255	0,59	0,18	-	0,77	730	69,9
1935-1940	83,5	850	202	0,71	0,17	0,03	0,91	716	83,5
1940-1945	129,7	850	279	1,10	0,36	0,03	1,49	670	129,7
1945-1950	119,1	850	222	1,01	0,26	0,03	1,30	681	119,0
1950-1955	167,1	850	302	1,42	0,50	0,03	1,95	633	55,6
1955-1960	213,5	856	295	1,83	0,63	0,04	2,50	586,5	71,5
1960-1965	256,0	820	258	2,10	0,66	0,08	2,84	544	83,6

Условные обозначения:

- E_1 - испарение с орошаемой территории в вегетационный
 E_2 - испарение с орошаемой территории в невегетационный
 E_3 - дополнительное испарение с орошаемых полей в
 E_4 - испарение с неорошаемой территории, равное
 E_5 - дополнительные потери на испарение с неорошаемой
 E_6 - дополнительные потери на испарение с неорошаемой
 E_0 - суммарное испарение с орошаемой территории;
 E_n - то же с неорошаемой территории;
 E_n' - то же со всей поверхности балансируемого контура.

Таблица 2

в Голодной степи

Неорошаемая территория						E_e км ³ /год	Испарению, мм			$E_3 + E_5 + E_6$	
испарение, мм		испарение, км ³ /год					E_0	E_H	E_e	км ³ /г	% от E_0
E_4	E_5	E_4	E_5	E_6	E_H						
172	375	1,33	0,07	0,04	1,44	1,83	1390	187	230	0,114	6,2
290	375	2,24	0,07	0,03	2,34	2,78	1490	304	348	0,108	3,9
244	255	1,81	0,15	0,05	2,01	2,65	1065	272	331	0,201	7,6
311	255	2,27	0,18	0,05	2,50	3,27	1107	343	409	0,225	6,9
254	255	1,82	0,21	0,06	2,09	3,00	1090	292	374	0,295	9,9
306	255	2,05	0,33	0,08	2,46	3,95	1150	368	494	0,438	11,1
280	255	1,90	0,30	0,08	2,28	3,58	1090	336	449	0,407	11,3
342	255	2,16	0,14	0,10	2,40	4,35	1170	380	544	0,263	6,1
323	257	1,89	0,18	0,13	2,20	4,70	1170	375	586	0,351	7,5
302	248	1,64	0,21	0,17	2,02	4,86	1110	372	608	0,460	9,5

период;

период, равное осадкам;

невегетационный период за счет проведения противных поливов;

атмосферным осадкам;

территории, расположенной внутри орошаемого контура;

территории, расположенной на периферии орошаемой;

Элементы водного баланса Голодной степи

Расчетный период	Элементы баланса, км ³					
	Y_n	Y_e	ΔV	$Y_e + \Delta V$	E_e'	$E_s + E_e$
1915-1920	4,20	(0,30)	1,65	1,95	2,25	0,55
1920-1925	3,35	(0,30)	0,75	1,05	2,30	0,50
1925-1930	4,86	(0,30)	1,05	1,35	3,51	1,00
1930-1935	4,70	(0,30)	0,45	0,75	3,95	1,15
1935-1940	5,50	(0,30)	0,40	0,70	4,80	1,35
1940-1945	7,98	(0,30)	0,20	0,50	7,48	2,05
1945-1950	7,74	(0,30)	0,70	1,00	6,74	1,90
1950-1955	9,70	1,04	0,60	1,64	8,06	1,20
1955-1960	12,98	2,12	0,25	2,37	10,61	1,55
1960-1965	17,10	4,03	1,00	5,03	12,07	1,90
1965-1970	(23,5)	(6,02)	(2,31)	(8,33)		
1915-1965	78,11	9,29	7,05	16,34	61,77	13,15

Условные обозначения:

E_e' - суммарные потери речного стока на испарение.
Остальные те же, что в табл. I-2.

Таблица 3

(сумма за пять лет)

$E_e' - (E_s + E_e)$	Элементы баланса, % водозабора					
	$\frac{Y_e}{Y_n}$	$\frac{\Delta V}{Y_n}$	$\frac{Y_e + \Delta V}{Y_n}$	$\frac{E_e'}{Y_n}$	$\frac{E_s + E_e}{Y_n}$	$\frac{E_e' - E_s - E_e}{Y_n}$
1,70	(7)	39	46	54	14	41
1,80	(9)	22	31	69	16	53
2,51	(6)	22	28	72	21	51
2,80	(6)	10	16	84	24	60
3,45	(5)	7	12	88	24	63
5,43	(4)	2	6	94	26	68
4,84	(4)	9	13	87	25	62
6,86	11	6	17	83	12	71
9,06	16	2	18	82	12	70
10,17	24	6	29	71	11	60
	(25)	(10)	(35)			
48,62	12	9	21	79	17	62

стабильными в отдельные пятилетия. Непродуктивные потери с орошаемой территории (выраженные в %% от водоподачи), связанные с эффектом орошения, оказались наименьшими в 1915–1925 гг. (в связи с малым размером площадей) и в 1950–1965 гг. (в связи с улучшением мелиоративного состояния земель и повышением КЗИ) (табл.3). Абсолютные потери с орошаемой площади-нетто возрастают по мере увеличения орошаемых площадей, а относительные – колеблются в пределах 60–70% в течение последних 35 лет. Разность между поданной в Голодную степь водой и ее расходом на испарение характеризует количество воды, поступившей в грунтовые воды ($\Delta V + y_c$). Согласно табл.3, за 50 лет освоения степи питание грунтовых вод за счет ирригационных составило 16,3 км³. Величина его в значительной степени определяется водозабором-брутто (рис.2). Первые три точки на кривой $y_c + \Delta V = f(y_n)$ характеризуют годы с повышенными поливными нормами и примитивной техникой полива. Естественно, что в эти годы потери стока на питание грунтовых вод были относительно большими, чем в последующие.

Удельное значение (на 1 га) $\Delta V + y_c$ определяется удельной водоподачей (рис.2). При головном водозаборе в 30 тыс.м³/га на питание грунтовых вод уходило около половины стока (≈ 14 тыс.м³/га). При интенсивности водоподачи 12–13 тыс.м³/га потери в среднем равны 2 тыс.м³/га. Часть стока, сбрасываемого в грунтовые воды, отводится уже по коллекторно-дренажной сети. За 50 лет отведено 9,3 км³ коллекторно-дренажных вод, т.е. 57% от общего сброса ($\Delta V + y_c$), или 12% от y_n . В первые 35 лет освоения коллекторно-дренажный сток, вероятно, не превышал 5% от водоподачи. В эти годы шло интенсивное накопление запасов подземных вод.

В 1950–1955 гг. y_c увеличился до 10%, а в 1960–1965 гг. – до 24% от водоподачи в степь. Интенсивность питания грунтовых вод ирригационными сократилась до 5% от головного водозабора. Суммарная водоподача в 1965–

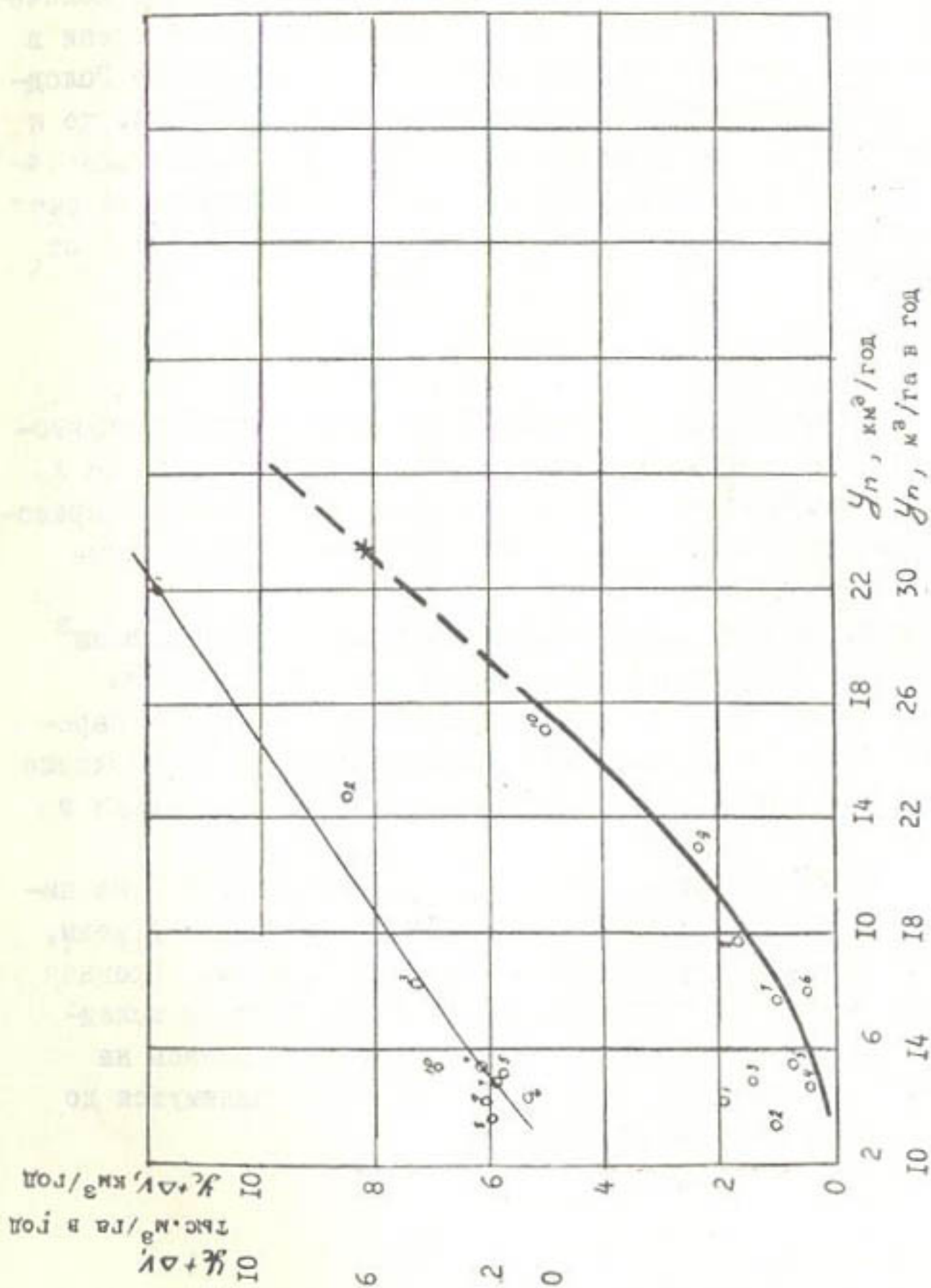


Рис. 2. Зависимость ирригационного питания грунтовых вод ($\Delta V + \gamma_c$) от водозабора - брутто.

1970 гг.^I составит $23,5 \text{ км}^3$, а сброс в грунтовые воды ($\Delta V + \frac{y}{e}$) — $8,3 \text{ км}^3$. Если принять коллекторно-дренажный сток на уровне предыдущего пятилетия (25% от $\frac{y}{e}$), то накопление запасов (ΔV) составит $2,3 \text{ км}^3$. Это количество воды вызовет подъем уровня грунтовых вод по степи в целом примерно на 3 м. Если в 1965 г. в среднем по Голодной степи грунтовые воды находились на глубине 7 м, то к концу 1970 г. они поднимутся до 4–5 м. В начале семидесятых годов — грунтовые воды поднимутся (в основном за счет новой зоны орошения) в среднем по степи до 2,6–2,8 м от поверхности.

В ы в о д ы

1. Сопоставление величин изменения запасов грунтовых вод ΔV , полученных из уравнения водного баланса и по картам залегания уровней грунтовых вод, показало правомерность применения метода водного баланса для расчета для больших территорий.

2. На суммарное испарение израсходовано $61,8 \text{ км}^3$ воды, т.е. 79% от головного водозабора. Из этой воды лишь $48,6 \text{ км}^3$ (62% от водозабора-брутто) ушло на испарение с орошаемой (территории) площади-нетто, а на создание растительной массы — лишь 43% от суммарной водоподачи в Голодную степь.

3. За пятьдесят лет освоения Голодной степи на питание грунтовых вод ушло свыше 7 км^3 ирригационной воды, т.е. 9% от водозабора-брутто. С 1915 по 1965 г. средняя глубина залегания грунтовых вод в Голодной степи вследствие питания их ирригационными водами уменьшилась на 8–9 м. В начале 70-х годов грунтовые воды поднимутся до 2,6–2,8 м от дневной поверхности.

^I Водозабор в 1969 и 1970 гг. принят по проработкам института "Средазгипроводхлопок".

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваничкина С.И. Суммарное испарение с хлопкового поля в условиях Голодной степи, Труды ГТИ, вып. 151, 1968.
2. Гельбух Т.М. Водный баланс отдельных участков бассейна реки Сырдарьи, Материалы семинара по расчетам водного баланса речных бассейнов, Валдай, 1967.
3. Ефимов Г.С. Водный баланс и районирование дренажа в Туркменской ССР, Ашхабад, 1968.
4. Кац Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование, М., Изд. с/х литература, 1963.
5. Копп З.И. Мелиорация засоленных земель на орошаемой территории с затрудненными оттоками грунтовых вод, Международный семинар, гидрогеологические исследования для орошаемого земледелия, т. II, Ташкент, 1968.
6. Побережский Л.Н., Геткер М.И. Испарение с водной поверхности лотковых оросителей Голодной степи, Доклады АН УзССР, 1969, № 2.
7. Хаджибаев Н.Н., Алимов М.С. Региональный водно-солевой баланс Голодной степи, Изд-во "Фан", Ташкент, 1966.

Ф.Э.РУБИНОВА

ХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И СИНХРОННОСТЬ
В КОЛЕБАНИЯХ ГОДОВЫХ СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ
(на примере равнинной части Ферганской долины
площадью 22130 км²)

Анализ хронологической последовательности в колебаниях годовых сумм осадков в точке осуществлен по материалам 10 метеостанций (Кировск, Коканд, Фергана, Федченко, Андижан, Наманган, Чуст, Байтоқ, Караван, Джергетал), расположенных в разных по степени увлажненности районах. Период наблюдений с 1933 по 1962 гг.

В качестве критерия относительной увлажненности пунктов использовано нормированное отклонение величины осадков данного года:

$$\alpha_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x},$$

где x_i — годовая сумма осадков в пункте наблюдения;
 $\bar{x}$ — норма осадков;
 σ_x — среднеквадратическое отклонение.

Используя нормированные величины для анализа степени увлажненности отдельных лет, можно сравнить хронологическую последовательность и синхронность колебания осадков в пунктах с разной степенью увлажненности и амплитудой колебания. Колебания годовых сумм атмосферных осадков характеризуются нормальным законом распределения /1/. Поэтому к сильно увлажненным годам условимся относить такие, у которых $\alpha = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}$ обеспечены менее чем на 25%, к слабо увлажненным — годы с α , обеспеченными более чем на 75%, к среднеувлажненным — с α , обеспеченными более чем на 25% и менее чем на 75%. Этим границам обеспеченности соответствует

$$\alpha = \pm 0,675 \sigma.$$

Для удобства изложения сильно увлажненные годы в дальнейшем будем называть многоводными, слабо увлажненные — маловодными и средние — средними по степени водности. Таким образом, к многоводным годам отнесены годы с $\alpha \geq 0,675$ а к маловодным — с $\alpha \leq 0,675$ Годы, характеризующиеся значениями $0,675 < \alpha < 0,675$, отнесены к средним по степени водности.

В зависимости от величины изменчивости осадков принятый нами критерий $\alpha = \pm 0,675$ характеризует различное процентное отклонение годовых сумм осадков от нормы.

$\pm \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}}, \%$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
при $\alpha = \pm 0,675$	7	10	13,5	17	20	23,5	27
$\pm 0,500$	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
$\pm$	10	15	20	25	30	35	40
± 2	20	30	40	50	60	70	80

Это значение α , конечно, условно, так как при других значениях мы соответственно получаем и другие процентные отклонения осадков от нормы, соответствующие годам с повышенной и пониженной увлажненностью.

В результате анализа распределения лет с повышенной и пониженной увлажненностью на исследуемой территории установлено, что число их примерно одинаково (24 и 27% общего числа годостанций). На долю средних по увлажненности лет приходится 49%.

Вероятность повторения лет различной степени водности характеризуется следующими данными.

За маловодными годами следуют		Случаи, %
маловодный		7,2
многоводный		5,8
средний		12,3
За многоводными		
многоводный		6,5
маловодный		7,2
средний		12,3

За средними	
средний	23,2
маловодный	15,0
многоводный	10,5

Из этих данных видно, что в 0-7% случаев экстремальные по степени водности годы чередуются (за маловодным маловодный, за многоводным многоводный, за маловодным многоводный и наоборот). Вероятность повторения за многоводным или маловодным годом года с водностью не ниже или не выше средней не превышает 20%.

Коэффициент корреляции между нормированными отклонениями осадков смежных лет, подсчитанный по данным 10 станций, колеблется в пределах 0,02-0,26 и лишь на ст. Джергитал равен 0,39. Это свидетельствует о случайности в хронологическом ходе годовых сумм атмосферных осадков. Можно лишь говорить о некоторой тенденции к группировке маловодных, многоводных и средних по водности лет в периоды продолжительностью 2-3 года.

Для водобалансовых исследований наряду с анализом хронологической последовательности осадков в пункте важно знать характер чередования лет, различных по степени увлажненности для всей территории в целом.

Пространственное распределение осадков в Ферганской долине характеризуется данными 59 пунктов с периодом наблюдений от 2 до 68 лет. При этом в 42 пунктах (71%) продолжительность наблюдений равна или превышает 10 лет, лишь на 12 станциях (20%) она равна или превышает 30 лет и на двух станциях (3,4%) — больше 60 лет.

Пункты наблюдений распределяются на исследуемой территории крайне неравномерно. Это обстоятельство, а также большая изменчивость осадков по территории создают большие трудности при картировании норм осадков, а тем более осадков конкретных лет.

В большинстве пунктов наблюдения за осадками проводили с 1953 по 1962 гг., поэтому данный период принят нами

в качестве расчетного для определения нормы.

Средняя годовая сумма осадков в пункте является функцией его высоты, широты и долготы. На основании этой зависимости построена карта нормы осадков 1953–1962 гг./1/. Естественно, что составить такие же карты с необходимой степенью точности на современном уровне метеорологической изученности за отдельные конкретные годы (даже последнее, наиболее насыщенное информацией десятилетие) трудно. Осадки конкретных лет могут быть получены из уравнения:

$$X_i = \bar{X} + \alpha_i \cdot \sigma_x, \quad (I)$$

где X_i – искомая годовая сумма осадков;

$\bar{X}$ – норма осадков;

α_i – нормированное отклонение осадков данного года от среднего;

σ_x – среднеквадратическое отклонение.

Норма осадков исследуемой территории за 10-летний период (1953–1962 гг.) получена планиметрированием карты изолиний в размере 25I мм /1/.

Среднеквадратическое отклонение годовых сумм осадков для территории – функция их нормы и площади /2/ – определено для Ферганской долины следующим образом. Вся исследуемая территория разбита на сетку с интервалом 5 мин. по широте и долготе, в узлах которой выписано значение

$\sigma_x = f(\bar{X})$, которое, по данным 320 точек, для Ферганской долины равно 66,4.

Влияние площади исследуемой территории на изменчивость годовых сумм осадков /2/ выражается зависимостью

$$\sigma_\alpha = \frac{0.95}{F^{0.03}},$$

где F – площадь, на которой рассчитывается слой осадков;

σ_α – коэффициент относительного уменьшения стандарта на площади по сравнению с точкой.

Если площадь исследуемой территории равна 22130 км^2 , $\sigma_a = 0,705$, а σ_x соответственно — 46,8, то уравнение (1) переписывается в виде:

$$X_i = 251 \pm 46,8 \alpha_i \quad (2)$$

Нормированные отклонения годовых сумм осадков по территории интерполируются лучше, чем их абсолютные величины. В связи с этим, по данным наблюдений 40 пунктов, методом прямолинейной интерполяции построено 10 карт изолиний нормированных отклонений осадков (1953–1962 гг.). Планиметрированием этих карт получены средневзвешенные по территории значения α_i , а затем из уравнения (2) — годовые суммы осадков за десятилетний ряд: 1953 г. — 339 мм, 1954 — 265, 1955 — 227, 1956 — 243, 1957 — 235, 1958 — 282, 1959 — 251, 1960 — 266, 1961 — 189, 1962 — 212 мм.

При расчете годовых сумм осадков за период 1925–1952–1963 гг. используется высокая степень синхронности в колебаниях годовых сумм осадков в отдельных пунктах Ферганской долины.

Пространственно-корреляционная функция годовых сумм осадков, подсчитанная по осредненным данным 45 станций, приведена на рис.1. Коэффициент корреляции особенно велик при расстоянии между станциями 25–50 км; с увеличением расстояния он уменьшается, но не падает ниже 0,64 даже при удаленности станции друг от друга на 200 км. О степени синхронности в колебаниях годовых сумм атмосферных осадков на территории Ферганской долины можно судить на основании анализа карты изолиний нормированных отклонений (рис.2).

Наибольшая синхронность в колебаниях осадков по территории проявляется в годы, экстремальные по степени водности.

Результаты планиметрирования рассматриваемых карт показали, что в многоводном 1953 г. ($\alpha_i = 1,90$) на 44% территории нормированное отклонение составляет 2,0, т.е. осадки были выше нормы на 40–80%. На 99,8% всей исследуемой

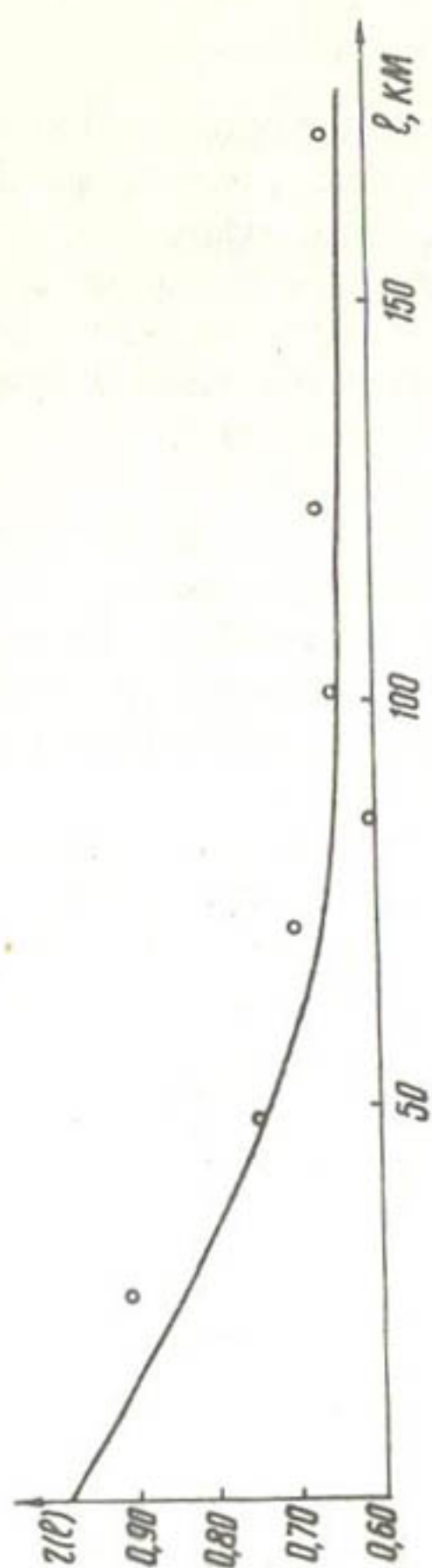


Рис. 1. Пространственно-корреляционная функция годовых сумм атмосферных осадков $z_x = \hat{z}(r)$.

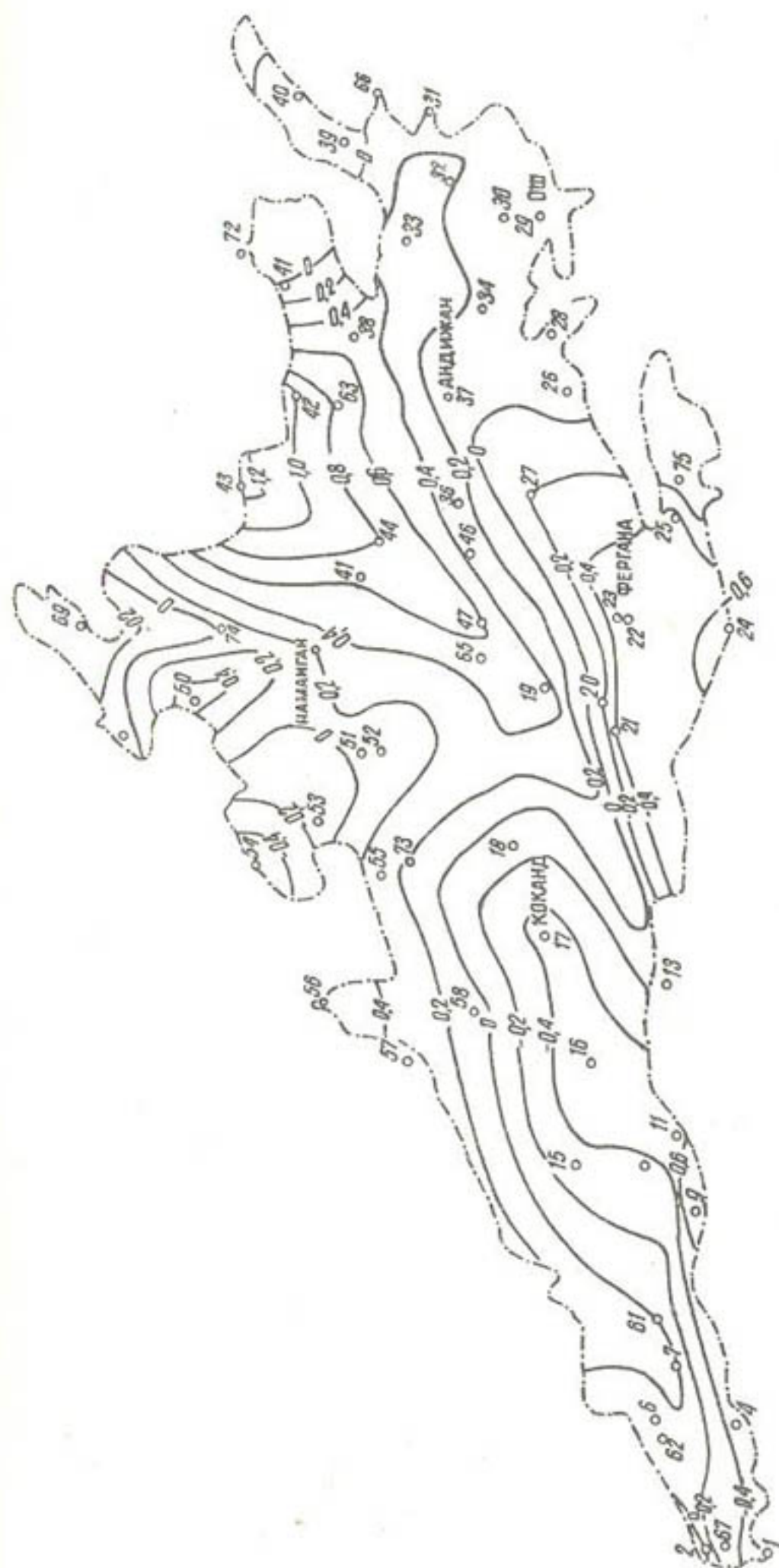


Рис. 2. Схема нормированных отклонений атмосферных осадков (1959г.).

территории нормированные отклонения осадков превышали 0,675, т.е. были выше нормы на 20–40%. В маловодном 1961 г. ($\alpha_i = 1,24$) на всей площади осадки существенно ниже нормы. В многоводном 1958 г. ($\alpha_x = 0,79$) на 63,6% территории их было значительно больше нормы, а на остальной площади – почти норма. В маловодном 1962 г. 76,7% территории многоводны, а 23,3% – средние по водности; при этом лишь на 0,5% площади нормированные отклонения выше нуля. В средние по водности годы (1954, 1955, 1956, 1957, 1959, 1960) на всей площади осадки незначительно отклоняются от нормы. Вместе с тем в такие годы на общем фоне незначительного отклонения осадков от нормы в некоторых районах наблюдается маловодье или многоводье. Так, в средних по водности годах (1954, 1959, 1960) 2–16% исследуемой территории были многоводными, а в 1955, 1956, 1957 гг. – 9–33% – маловодными.

Исходя из наличия синхронности в колебаниях годовых сумм осадков, можно предположить, что среднее арифметическое из показаний 8 метеостанций, расположенных в разных частях Ферганской долины (Фергана, Андижан, Ош, Байтоқ, Караван, Кировская, Коканд, Джергитал), – хороший индекс увлажнения всей территории в целом. Среднее из показаний этих станций (X_s) тесно коррелируется ($\gamma = 0,98$) с осадками за те же годы, найденными из уравнения (2).

По полученному уравнению $X_i = 0,5X_s + 92$ подсчитаны годовые суммы осадков за все интересующие нас годы (рис.3).

Годовые суммы осадков, выпавших на поверхность Ферганской долины с 1925 по 1963 гг., колеблются от 339 мм (1953 г.) до 180 мм (1939 г.). Норма их равна 231 мм, а коэффициент вариации – 0,21. При таком значении C_v и принятом нами критерии относительной водности к многоводным (или маловодным) относятся годы, отличающиеся по водности от нормы на 14%. За период с 1925 по 1963 гг. маловодными были 1925–1927, 1938–1940, 1944, 1946–1948, 1950, 1961. Самый маловодный 1939 г. (осадки ниже нормы на 21%).

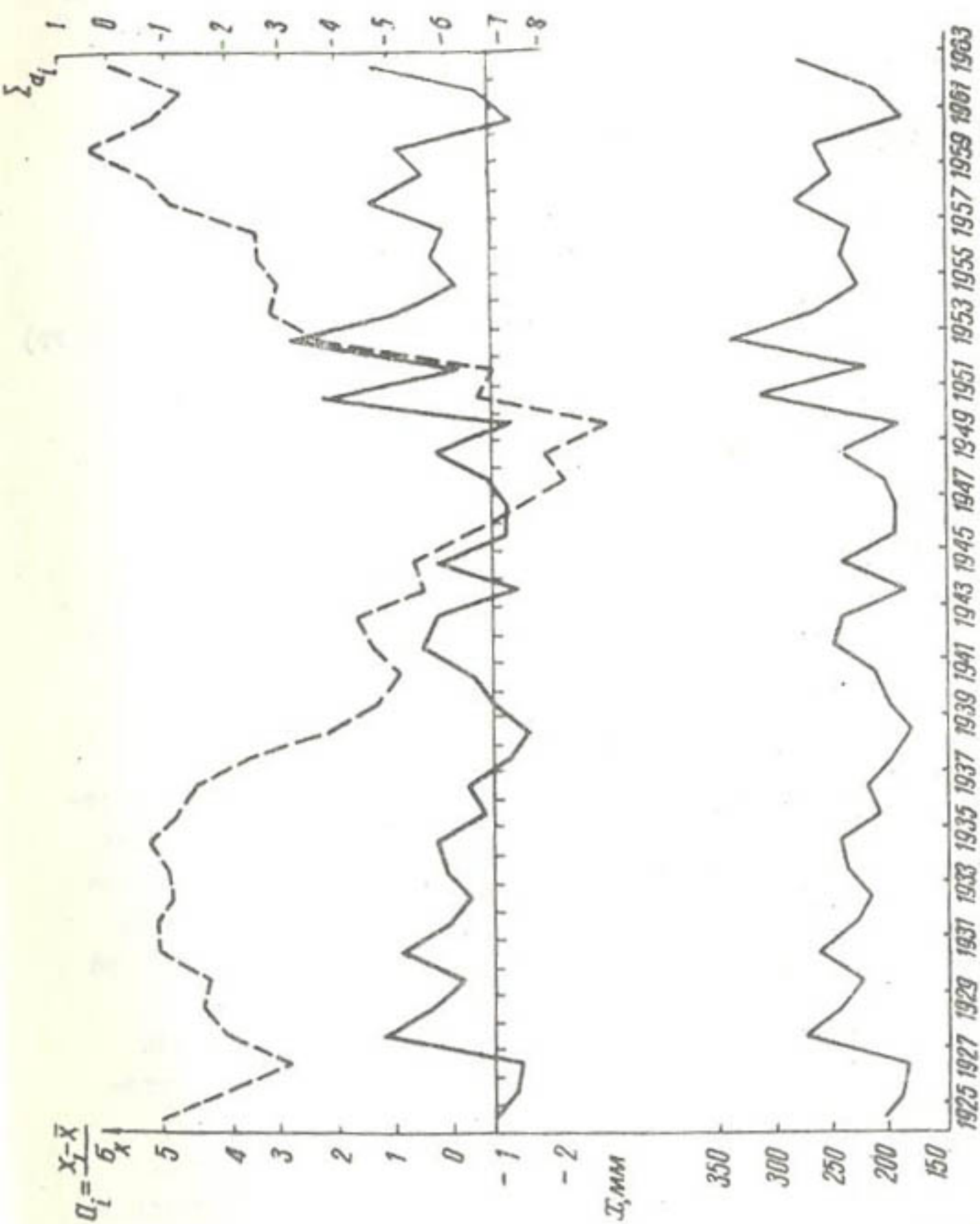


Рис. 3. График хронологического хода атмосферных осадков.

Многоводные - 1928 г., 1931, 1951 (очень многоводный - осадки выше нормы на 36%), 1953 (самый многоводный - осадки на 47% превышали норму), 1954, 1958, 1960, 1963 гг.

Принятое нами для расчета нормы и стандарта десятилетие (1953-1962) оказалось по водности выше нормы за период 1925-1963 гг. на 8,5%.

Из анализа хронологического хода годовых сумм атмосферных осадков по пятилеткам видно, что самым маловодным было пятилетие 1935-1939 гг., а самым многоводным - 1950-1954 гг.

Год	мм	Осадки % от нормы	% от среднего (за 1925-1929 гг)
1925-1929	220	95	100
1930-1934	236	102	107
1935-1939	210	91	96
1940-1944	219	94	100
1945-1949	216	93	98
1950-1954	267	116	121
1955-1959	248	107	113
1960-1963	237	102	108

В ы в о д ы

1. В результате анализа распределения лет с повышенной и пониженной увлажненностью установлено, что число их примерно одинаково (24 и 27% общего числа годостанций). На долю средних по водности лет приходится 49%. Вероятность повторения года с водностью не ниже или не выше средней за многоводным или маловодным годом не превышает 20%.

2. Колебания годовых сумм атмосферных осадков на территории Ферганской долины характеризуются высокой степенью синхронности, особенно ярко проявляющейся в годы, экстремальные по степени водности. Это использовано при расчете годовых сумм осадков на равнинной части Ферганской долины за период с 1925 по 1963 гг.

3. Анализом хронологической последовательности лет, различных по степени водности, установлено, что наиболее многоводны пятилетия 1950-1954 и 1955-1959 гг., а наиболее маловодны - 1925-1929, 1935-1939, 1940-1944 и 1945-1949 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинова Ф.Э. Распределение атмосферных осадков на территории Ферганской долины, Вопросы гидротехники, вып.33, Ташкент, Изд-во "Наука".
2. Геткер М.Н., Рубинова Ф.Э. Методика расчета годовых сумм атмосферных осадков заданной обеспеченности, см.в данном сборнике.

Б.Е.МИЛЬКИС, Г.А.АХМЕДОВ, М.МИРЗИЯТОВ

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ

Среди факторов внешней среды, влияющих на развитие растений, большое значение имеет метеорологический режим приземного слоя атмосферы.

Данная статья посвящена изучению влияния орошения на распределение метеорологических элементов на хлопковом поле. Ниже дана сравнительная характеристика метеорологического режима в слое воздуха до 3 м и почвы до 20 см по данным наблюдений 1964 г. на орошаемом хлопковом поле и на опытном участке с естественным покровом закрытого горизонтального дренажа на землях нового освоения Ферганской области.

Режим температуры воздуха в приземном слое атмосферы определяется главным образом процессами взаимодействия его с деятельной поверхностью. Так как орошение меняет соотношения между составляющими теплового баланса, то на орошаемых участках создается характерный температурный режим.

Сопоставим суточный ход температуры на высоте 0,1 и 3,0 м на участке с естественным покровом и на орошаемом хлопковом поле (табл. I). Для сравнения взяты наблюдения до и после полива хлопкового поля. Растения находились в стадиях бутонизации и цветения. Как видим, максимальные величины отмечаются в послеполуденные часы, минимальные (в большинстве случаев) — перед восходом солнца.

Температура воздуха над участком с естественным покровом в течение суток выше, чем над политым полем. Если на участке утром и вечером наблюдается изотермия, то на орошаемом поле в вечерние часы она отсутствует.

В приземном слое атмосферы можно выделить пять различных типов изменения температуры по вертикали /2, 3/:

- 1) температура с высотой растет; 2) сначала растет, затем падает; 3) с высотой падает; 4) сначала падает, затем ра-

Таблица I

Суточный ход температуры воздуха на высоте 0,1 и 3,0 м
на хлопковом поле и участке с естественным покровом

Высота: наблю- дений :	Время наблюдений (час)									
	6	9	12	15	18	21	24	3	6	
Хлопковое поле (22-23.УП - до полива)										
3,0	19,7	28,9	33,4	35,0	33,7	28,2	25,1	23,3	21,9	
0,1	20,0	30,1	36,2	36,4	33,5	27,9	23,9	22,4	21,7	
(1-2.УП - после полива)										
3,0	21,6	25,3	31,1	32,4	31,6	26,2	22,1	19,5	21,3	
0,1	21,3	25,1	30,5	31,6	29,5	23,4	20,0	16,7	20,9	
Участок с естественным покровом (22-23.УП)										
3,0	19,0	28,6	33,2	34,6	33,4	28,2	24,4	23,4	21,9	
0,1	19,1	30,5	35,7	35,7	33,4	28,0	23,9	23,0	21,8	
(1-2.УП)										
3,0	21,2	25,5	31,6	33,3	32,0	25,9	21,5	19,2	21,7	
0,1	21,5	26,5	34,7	35,6	32,1	25,1	20,9	17,9	21,9	
Хлопковое поле (13-14.УП - до полива)										
3,0	23,9	32,8	37,1	35,3	34,5	30,4	27,4	24,3	22,3	
0,1	22,8	32,7	37,2	35,2	34,2	29,9	25,9	18,7	20,3	
(30.УП - после полива)										
3,0	16,4	22,6	28,4	30,6	25,5	24,3	-	-	-	
0,1	15,9	22,9	28,0	29,3	24,0	22,0	-	-	-	
Участок с естественным покровом (13-14.УП)										
3,0	23,0	31,4	37,0	35,1	33,8	30,2	26,1	23,7	22,2	
0,1	22,9	32,7	38,5	35,0	33,8	29,6	25,6	19,1	22,4	
(30.УП)										
3,0	17,3	22,5	28,8	31,3	25,6	23,9	-	-	-	
0,1	18,1	24,7	31,6	33,9	25,9	18,8	-	-	-	

стет; 5) с высотой изменяется незначительно. Могут, конечно, наблюдаться и другие варианты распределения температуры, но все их легко свести к перечисленным выше типам.

Типы I, 3 и 5 характерны для участков, лишенных растительности. Распределение температуры в нашем случае на участке с естественным покровом типично для открытых неорошаемых территорий: днем наблюдается 3-й, ночью — I-й типы распределения, или инверсия, утром и вечером — 5-й тип, или изотермия.

Характер изменения распределения температуры воздуха по высоте при орошении можно проследить по рис. I, где приведены вертикальные профили температуры на орошаемом хлопковом поле в различные сроки наблюдений. Преобладает I-й тип распределения, из 462 рассмотренных случаев к I типу относятся 193 и к 4-му — 87.

Наличие круглосуточной инверсии в слое выше 0,5 м над поверхностью почвы — характерная особенность распределения температуры на орошаемом поле. Перелом в ходе температуры указывает на смещение деятельной поверхности на высоту, равную (как показывают опытные данные) $2/3$ средней высоты растительности. Инверсионный характер распределения температуры воздуха типичен только для определенного периода развития хлопчатника.

Эффект отдельного полива наиболее сильно проявляется лишь в начальный период развития. Это подтверждается результатами измерений суммарного испарения. Из данных наблюдений видно, что характер распределения температуры воздуха на орошаемом поле изменяется в зависимости от фазы развития растений.

Орошение сельскохозяйственного поля существенно влияет на изменение влажности в приземном слое атмосферы.

Анализ материалов наблюдений показывает, что в рассматриваемом случае можно выделить шесть различных типов изменения влажности по вертикали: 1) влажность с высотой растет; 2) с высотой сначала растет, затем уменьшается;

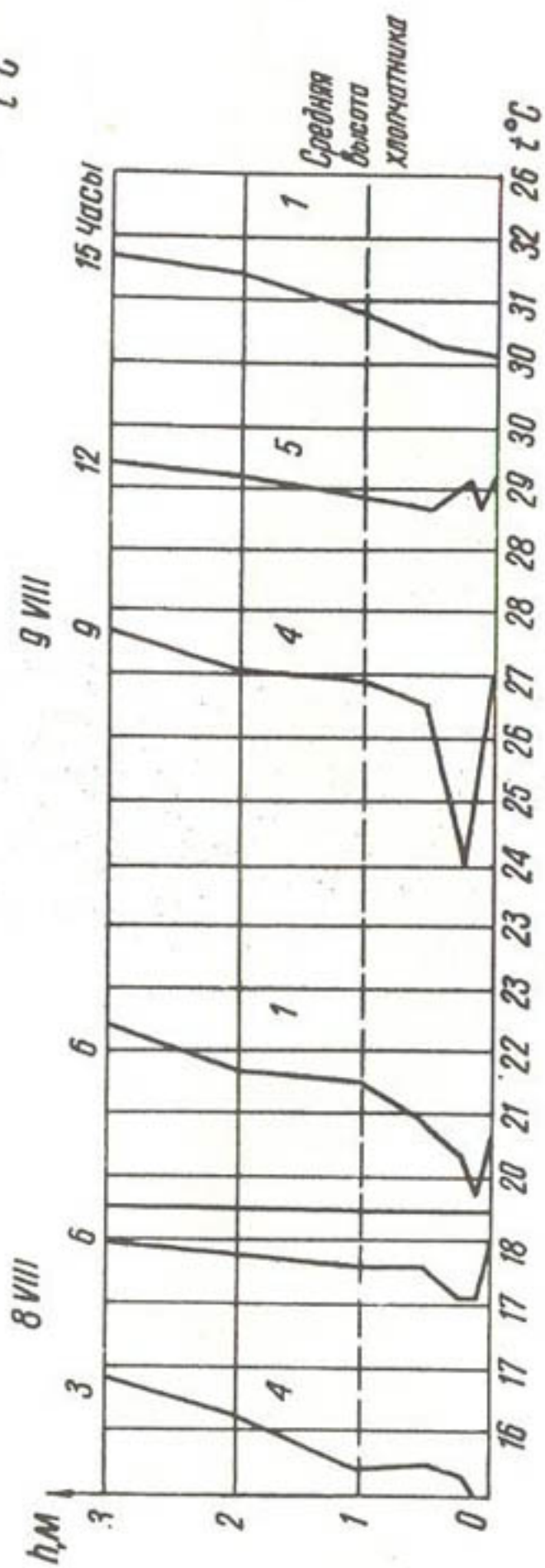
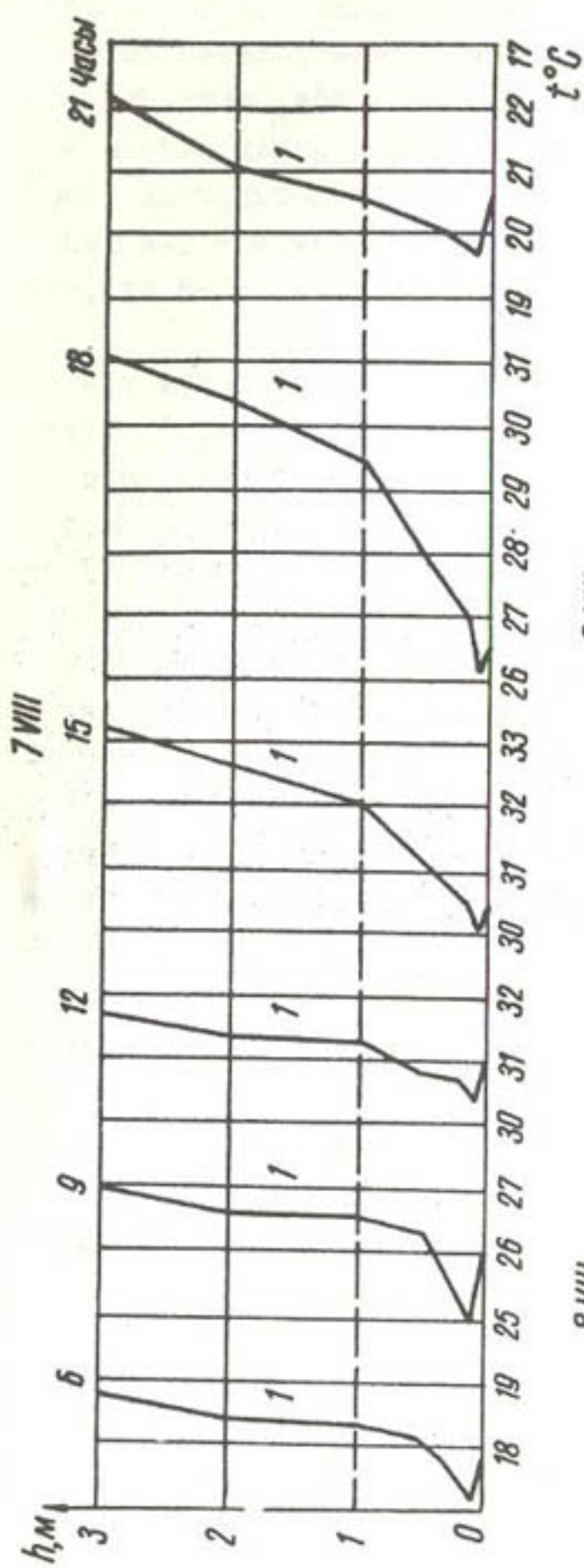


Рис. I. Вертикальные профили температуры на хлопковом поле (I, 4, 5 - типы).

3) с высотой уменьшается; 4) сначала уменьшается, затем несколько увеличивается; 5) с высотой изменяется незначительно; 6) сначала уменьшается, затем увеличивается и опять уменьшается.

Третий тип распределения наиболее распространен, особенно после полива. Из 462 рассмотренных случаев к 3-му типу относятся 222.

Можно проследить характер распределения абсолютной влажности воздуха с высотой на хлопковом поле после полива и на участке с естественным покровом (табл.2, рис.2, 3, 4). Для сравнения взяты те же дни, что и при анализе режима температуры воздуха.

В начальный период вегетации в суточном ходе абсолютной влажности на хлопковом поле наблюдаются два максимума (в утренние и вечерние часы) и два минимума (перед восходом солнца и в послеполуденные часы), т.е. характер хода такой же, как и на участке с естественным покровом. При развитии хлопчатника в суточном ходе абсолютной влажности воздуха один максимум отмечен в дневные часы и один минимум — перед восходом солнца.

Описанный суточный ход наиболее характерен при осреднении наблюдений за несколько дней. Условия погоды и степень увлажнения почвы при поливах (в начальный период развития растений) могут несколько исказить эту картину. В начальных фазах развития растений наибольшие изменения абсолютной влажности по высоте наблюдаются в слое 10–20 см, а в дальнейшем — в слое 50–100 см. Наблюдения за влажностью воздуха также показывают, что основная деятельная поверхность на хлопчатнике смещена. Различия в температуре почвы на хлопковом поле и оголенном участке зависят от мощности хлопковых кустов, затененности почвы, ее влажности, структуры, скорости испарения, облачности и прочих условий. Следовательно, в зависимости от разных факторов температура почвы может колебаться в значительных пределах.

Таблица 2

Суточный ход влажности воздуха на высоте 0,1 и 3,0 м
на хлопковом поле и участке с естественным покровом

Высота: наблю- дений :	Время наблюдения (час)																
	6	:	9	:	12	:	15	:	18	:	21	:	24	:	3	:	6
Хлопковое поле (22-23.УП - до полива)																	
3,0	14,1	11,8	8,8	8,8	12,7	13,0	14,0	14,0	16,7								
0,1	14,2	11,9	9,6	8,6	12,4	12,6	12,9	12,9	16,1								
(1-2.УП - после полива)																	
3,0	20,1	16,8	14,1	15,1	16,5	18,0	17,8	17,2	20,4								
0,1	21,2	20,9	19,5	22,5	20,2	18,9	18,4	17,6	18,8								
Участок с естественным покровом (22-23.УП)																	
3,0	14,3	12,0	9,4	8,7	13,0	14,0	13,3	17,3	16,7								
0,1	14,6	12,4	10,2	11,1	15,3	13,1	13,9	14,6	17,0								
(1-2.УП)																	
3,0	19,8	16,0	14,4	14,4	15,4	15,4	17,4	18,4	18,3								
0,1	20,2	17,1	14,9	15,6	16,1	18,9	17,9	16,7	18,6								
Хлопковое поле (13-14.УП - до полива)																	
3,0	13,3	15,5	13,6	13,0	12,3	12,1	11,5	10,4	15,2								
0,1	14,2	14,4	12,2	11,8	10,8	9,1	10,1	11,0	16,6								
(30.УП - после полива)																	
3,0	16,9	16,4	16,7	12,8	13,6	12,8	-	-	-								
0,1	17,5	20,9	21,9	28,0	15,0	15,0	-	-	-								
Участок с естественным покровом (13-14.УП)																	
3,0	13,6	15,7	12,6	13,7	11,5	10,3	11,0	10,5	14,0								
0,1	14,1	15,8	13,3	12,6	11,3	12,9	10,2	11,0	16,1								
(30.УП)																	
3,0	17,0	17,1	14,2	11,4	14,0	13,3	-	-	-								
0,1	17,7	17,7	15,3	13,5	14,6	17,4	-	-	-								

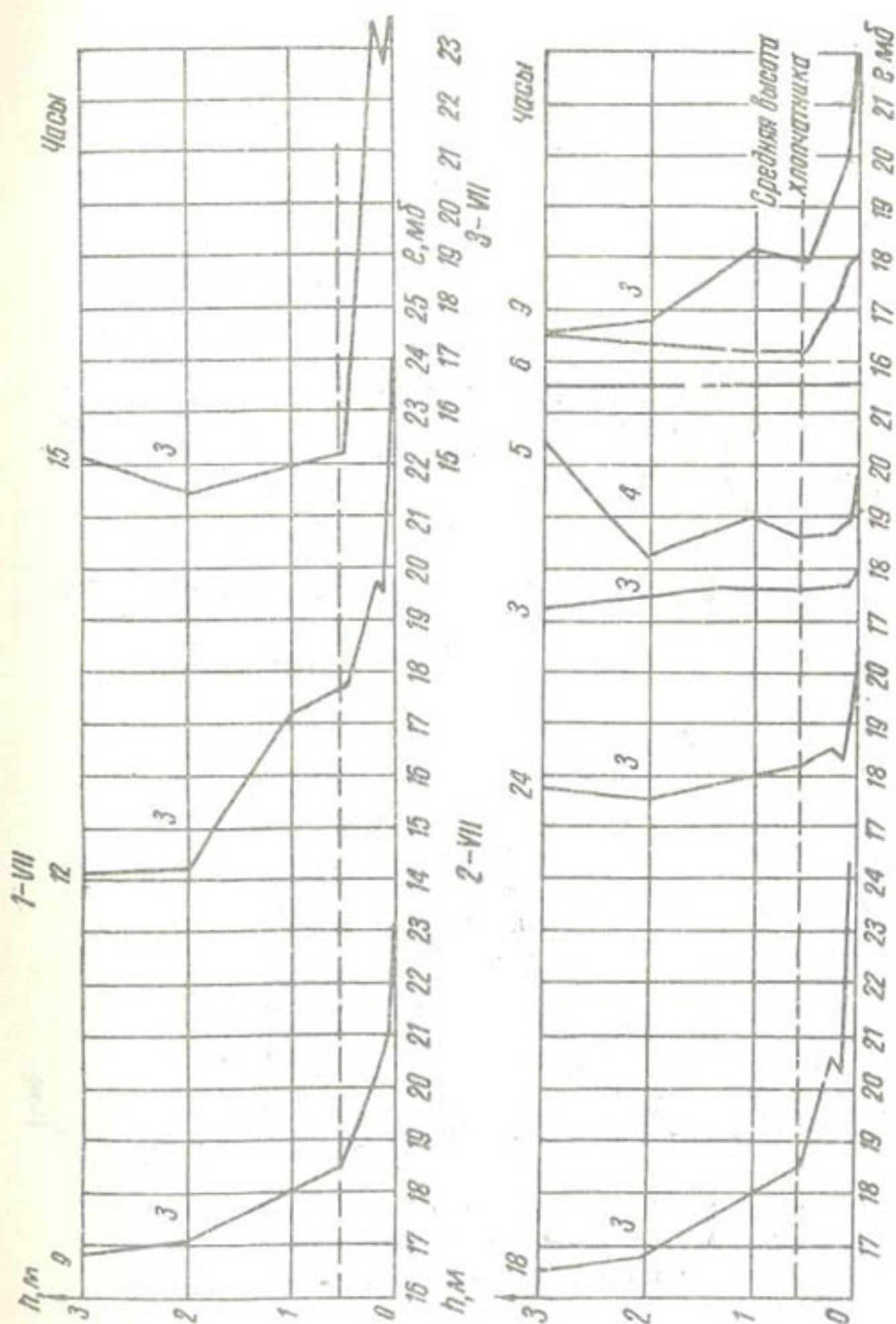


Рис.2. Распределение абсолютной влажности воздуха с высотой на хлопковом поле после полива (3,4 - типы).

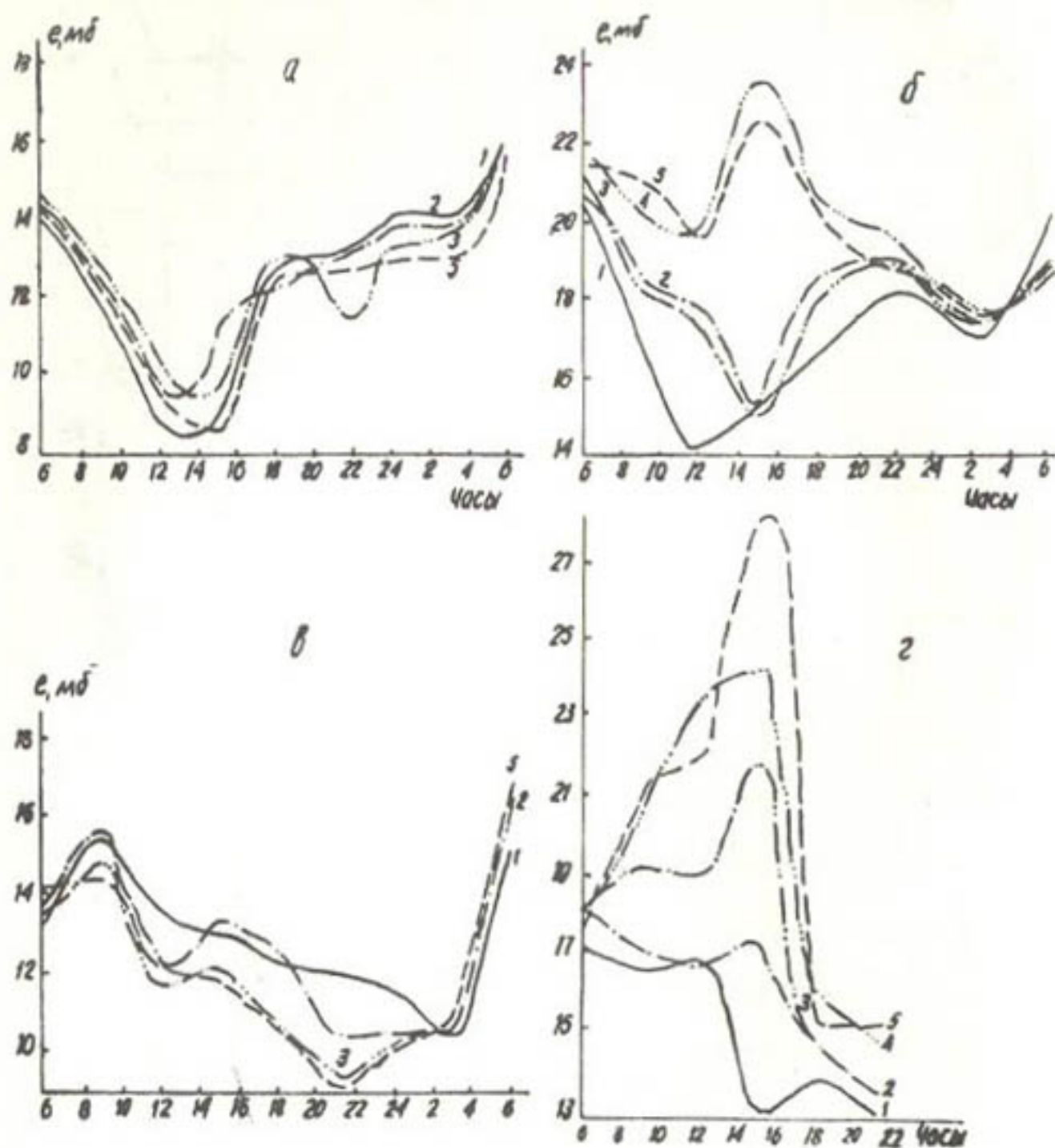


Рис.3.Суточный ход абсолютной влажности воздуха на хлопковом поле: а-22-23.УІ до полива; б-І-2.УІІ после полива; в-І3-І4.УІ до полива; г-3.УІІ после полива. І-3м; 2-І; 3-0,5; 4-0,2; 5-0,1м.

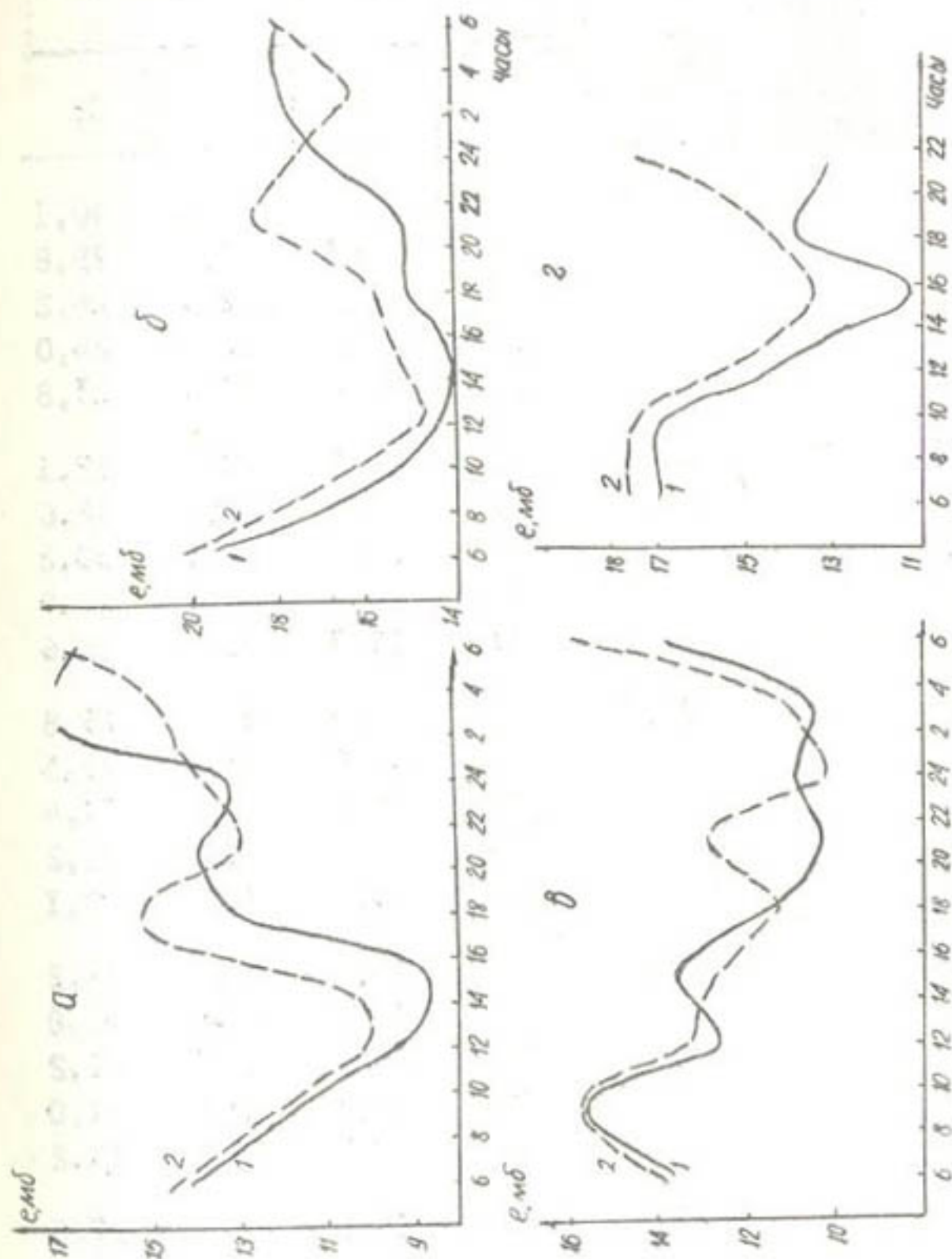


Рис. 4. Суточный ход абсолютной влажности воздуха на участке с естественным покровом:

а-22-23.УІ; б-І-2.УІІ; в-І3-І4.УІ; г-30.УП. І-3м; 2-0, І.

Распределение температуры почвы по
на хлопковом поле

глубине

Дата	Количе- ство дней после полива	Влаж- ность, %	Глуби- на, см			
				6	9	12
I-2.VII	2	36,0	0	21,2	27,8	40,1
			5	21,3	23,7	29,8
			10	22,2	22,5	26,2
			15	23,0	22,9	24,0
			20	23,6	23,4	23,8
II-12.VII	12	28,3	0	20,9	41,6	59,1
			5	22,6	26,4	32,6
			10	23,5	25,1	30,2
			15	24,4	24,4	26,9
			20	25,4	25,2	25,6
I-2.VIII	4	35,7	0	18,4	27,1	29,8
			5	19,6	21,3	25,5
			10	20,5	20,6	23,4
			15	21,2	21,0	22,2
			20	21,9	21,6	22,1
23-24.VIII	26	25,6	0	15,4	24,0	34,2
			5	17,3	19,2	25,0
			10	18,6	19,1	22,2
			15	19,7	19,7	21,0
			20	20,7	20,6	21,2
4-5.IX	3	38,9	0	13,1	20,8	27,8
			5	16,1	17,4	21,6
			10	17,2	17,3	19,5
			15	17,9	17,7	18,7
			20	18,7	18,6	19,1
25-26.IX	24	30,2	0	10,5	17,3	27,8
			5	12,6	14,7	20,2
			10	14,2	14,8	19,6
			15	15,3	15,6	17,0
			20	16,6	16,6	17,1

Время наблюдений (час)					
15	18	21	24	3	6
39,5	28,7	22,6	20,0	18,2	19,6
32,4	30,4	26,4	23,6	21,6	20,7
29,1	29,1	27,0	24,7	23,1	22,0
26,2	27,1	26,4	25,2	24,0	23,1
25,2	26,1	25,9	25,3	24,6	23,8
46,2	36,3	26,9	21,6	18,0	20,6
36,0	32,1	28,6	26,4	23,9	23,1
32,5	31,4	28,8	26,9	24,7	24,0
29,6	29,1	28,2	27,0	25,6	25,1
26,7	27,2	27,2	26,8	26,1	25,7
30,4	25,4	20,9	18,8	17,6	17,9
26,6	25,5	23,6	21,4	21,0	19,5
24,8	24,8	23,6	22,0	21,7	20,2
23,5	24,0	23,2	22,3	21,3	20,7
21,9	23,0	23,0	22,6	22,0	21,7
29,2	25,1	20,7	20,2	17,4	18,2
26,0	25,2	23,1	21,8	20,6	19,6
24,1	24,2	23,5	22,2	21,5	20,5
22,5	23,0	23,5	22,5	22,0	21,1
22,1	22,6	23,6	22,9	22,4	21,8
25,8	22,1	20,1	17,5	16,6	15,5
22,6	22,5	20,6	19,7	18,2	17,9
21,0	21,5	20,5	19,7	19,0	18,4
20,0	20,6	20,3	19,7	19,2	18,7
19,6	20,3	20,3	20,1	19,7	19,3
24,4	18,7	14,4	12,4	12,1	12,0
20,7	20,2	17,4	15,6	14,6	13,5
20,0	19,7	18,1	16,5	15,8	14,7
18,3	18,8	18,2	17,1	16,4	15,6
17,8	18,6	18,4	17,7	17,2	16,7

В табл.3 приведено распределение температуры почвы по глубине на хлопковом поле в отдельные, преимущественно ясные дни июля, августа и сентября. Как видим, в первые дни после полива в результате интенсивного испарения (и связанных с ним затрат тепла) температура почвы уменьшается. В последующие дни она увеличивается, оставаясь в большинстве случаев ниже температуры почвы неорошаемой площадки (табл.4). К концу вегетации почва несколько охлаждается. Кроме того, процесс испарения в дни после полива в этот период явно не сказывается на температуре почвы. Основной причиной такого хода температуры почвы на хлопковом поле является изменение теплового режима деятельной поверхности, связанное с развитием растений.

Значительное затенение почвы при определенной фазе развития хлопчатника уменьшает приток прямой солнечной радиации к ее поверхности и вызывает уменьшение прогревания почвы в дневное время. Ночью наблюдается более медленное выхолаживание. Все это приводит к снижению градиентов температуры почвы, что хорошо видно из распределения температуры почвы (табл.5) по глубине на хлопковом поле (в среднем по периодам). Если, например, в период бутонизации в полдень разность температур почвы на поверхности и на глубине 5 и 20 см составляла 17,9 и 27,1°, то в период созревания эта же разность составляла 7,0 и 9,2°.

Следует отметить, что максимумы температуры на глубинах 5, 10 и 20 см смещены во времени относительно максимума на поверхности.

Для определения суммарного испарения с хлопкового опытного участка закрытого горизонтального дренажа (на землях нового освоения Ферганской области) мы применили метод теплового баланса.

В суточном ходе составляющих теплового баланса эффект полива неодинаков на разных стадиях развития растений (табл.6). В таблице показан суточный ход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность (S'), радиационного баланса деятельной поверхности (R), теплооб-

Таблица 4

Температура поверхности почвы на хлопковом поле (T), участке с естественным покровом (T') и разность $\Delta T = T' - T$

Дата	Элемент	Время наблюдений (час)											
		6	9	12	15	18	21	24	3	6			
I-7.VII	T'	23,4	34,6	51,2	52,2	35,5	25,4	20,8	17,8	24,4			
	T	21,2	27,8	40,1	39,5	28,7	22,6	20,0	18,2	19,6			
	ΔT	2,2	6,8	11,1	12,7	6,8	2,8	0,8	-0,4	4,8			
II-12.VII	T'	25,6	43,3	55,7	53,1	37,0	28,4	20,8	24,9	-			
	T	20,9	41,6	59,1	46,2	36,3	26,9	21,6	18,0	20,6			
	ΔT	4,7	1,7	-3,4 ^x	6,9	0,7	1,5	-0,8	6,9	-			
I-2.VIII	T'	20,6	34,5	44,4	44,4	31,2	22,0	-	-	-			
	T	18,4	27,1	29,8	30,4	25,4	20,9	18,8	17,6	17,9			
	ΔT	2,2	7,4	14,6	14,0	5,8	1,1	-	-	-			
I3-14.VIII	T'	21,6	45,7	58,8	55,9	37,0	-	-	-	-			
	T	19,0	28,5	32,8	32,7	27,6	22,8	20,5	-	18,5			
	ΔT	2,6	17,2	26,0	23,2	9,4	-	-	-	-			

x При измерении температуры поверхности почвы в полдень II.VII, вероятно, допущена ошибка.

по глубине на хлопковом поле
периодам

Созревание										
6	:	9	:	12	:	15	:	18	:	21 : 24 : 3 : 6
15,2		18,3		27,6		24,7		21,0		17,5 16,2 15,2 15,2
16,8		16,8		20,6		23,2		21,3		19,6 18,5 18,3 16,8
17,1		16,8		18,6		20,0		20,5		19,8 18,9 17,9 17,1
17,7		17,3		18,0		19,1		19,7		19,5 19,2 18,5 17,7
18,5		18,1		18,4		3		19,6		19,8 19,6 19,1 18,5

Распределение температуры почв
в среднем по двум

Бутонизация										
Глубина, см	:	6	:	9	:	12	:	15	:	18 : 21 : 24 : 3 : 6
0		20,8		36,9		52,0		47,4		33,1 23,7 20,2 17,5 20,8
5		21,7		27,6		34,1		36,6		33,0 28,8 24,2 22,6 21,7
10		23,1		24,9		29,2		32,3		31,3 28,4 25,8 24,3 23,1
15		24,0		24,1		26,0		28,3		29,0 27,9 26,4 25,2 24,0
20		24,6		24,4		24,9		26,4		27,4 27,1 26,4 25,6 24,6

х/ Время наблюдений (час).

Таблица 6

Суточный ход составляющих теплового баланса хлопкового поля
до и после полива, кал/см².мин

Эле- мент:	Время наблюдений (час)								
	6	9	12	15	18	21	24	3	6
22-23.УІ (до полива)									
0,12	0,76	1,13	0,75	0,08	-	-	-	0,12	
0,08	0,56	0,87	0,58	0,01	-0,04	-0,04	-0,03	0,08	
0,05	0,22	0,20	-0,01	-0,17	-0,14	-0,07	-0,05	0,05	
0,02	0,06	0,15	0,11	0,08	0,05	0,01	0,01	0,02	
0,01	0,28	0,52	0,48	0,10	0,05	0,02	0,01	0,01	
1-2.УІІ (после полива)									
0,12	0,78	1,14	0,79	0,10	-	-	-	0,12	
0,09	0,68	0,93	0,66	0,07	-0,06	-0,06	-0,05	0,09	
0,01	0,22	0,25	-0,01	0,10	-0,13	-0,14	-0,10	0,01	
0,02	-0,15	-0,14	-0,08	0,05	0,01	0,04	0,02	0,02	
0,06	0,61	0,82	0,75	0,12	0,06	0,04	0,03	0,06	
17-18.УІІ (до полива)									
0,14	0,82	1,11	0,81	0,12	-	-	-	0,14	
0,12	0,62	0,86	0,61	0,06	-0,08	-0,08	-0,06	0,12	
0,06	0,28	0,22	-0,02	-0,15	-0,14	-0,09	-0,07	0,06	
0,04	-0,14	-0,02	0,03	0,02	0,02	-0,02	-0,01	0,04	
0,02	0,48	0,66	0,60	0,11	0,04	0,03	0,02	0,02	
30-31.УІІ (после полива)									
0,16	0,86	1,10	0,89	0,16	-	-	-	0,16	
0,13	0,70	0,90	0,69	0,12	-0,04	-0,06	-0,06	0,13	
0,03	0,26	0,24	-0,01	-0,16	-0,14	-0,09	-0,07	0,03	
0,02	-0,16	-0,20	-0,08	-0,08	0,02	-0,03	-0,02	0,02	
0,08	0,60	0,86	0,78	0,20	0,08	0,06	0,05	0,08	

Продолжение таблицы 6

23-24.VIII (до полива)

0,02	0,76	1,08	0,75	0,04	-	-	-	0,02
0,01	0,60	0,90	0,60	0,02	-0,06	-0,06	-0,04	0,01
-0,01	0,16	0,15	-0,01	0,05	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01
-0,01	-0,04	-0,05	-0,03	-0,05	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01
0,03	0,44	0,75	0,64	0,12	0,04	0,03	0,02	0,03

4-5.IX (после полива)

0,02	0,70	1,06	0,71	0,02	-	-	-	0,02
0,01	0,64	0,92	0,63	0,01	-0,04	-0,07	-0,06	0,01
0,02	0,15	0,16	0,04	-0,20	-0,22	-0,09	-0,07	-0,02
-0,09	-0,05	-0,08	0,17	0,03	0,06	-0,04	-0,03	-0,09
0,08	0,54	0,84	0,76	0,18	0,10	0,06	0,04	0,08

мена подстилающей поверхности с атмосферой (P), теплообмена в почве (B) и затрат тепла на суммарное испарение (V).

В первых фазах, когда растения еще не высоки и не сомкнуты, орошение поля вызывает заметное изменение радиационного баланса. Характерны наблюдения 22-23.УІ и І-2.УП, когда радиационный баланс хлопкового поля (период бутонизации) в дневные часы до полива изменяется на 20% относительно радиационного баланса после полива.

К концу периода цветения растения сомкнуты, сильнее затеняют почву и эффект полива проявляется значительно слабее. Так, из наблюдений 22-23.УІІІ и 4-5.ІХ видно, что радиационный баланс до и после полива отличается всего на 2-7%.

Если в период бутонизации до полива (22-23.УІ) с хлопкового поля за сутки испарилось 4,5 мм воды, а после полива (І-2.УП) - 7,6 мм, т.е. разница составила почти 3,0 мм, то в период цветения суточные величины испарения до и после полива (6,5 и 8,0 мм) различаются всего на 1,5 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенштат Б.А. /и др./. Влияние орошения на распределение метеорологических элементов в приземном слое, Тр.ГГО, вып.39 (101), Л., Гидрометеиздат, 1953.
2. Бабушкин Л.Н. О температуре и влажности воздуха среди хлопчатника и люцерны в условиях орошаемого хозяйства Узбекистана, Тр.ГГО, вып. 7 (8), Л., 1952.
3. Зуев М.В. Формирование микроклимата хлопкового поля, Л., Гидрометеиздат, 1956.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ,
РАДИАЦИОННЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ГОРНОГО оз.САРЫЧЕЛЕК

В связи с созданием водохранилищ в высокогорной части Средней Азии необходимо исследовать гидрометеорологический режим этих водоемов и в первую очередь составляющих теплового и водного баланса. С этой целью Саогидропроект организовал полевые исследования режима горного оз.Сарычелек, выбранного в качестве аналога для проектируемого водохранилища. В составе экспедиции непродолжительное время находились сотрудники группы гидрофизических исследований САНИИРИ, которые проводили наблюдения за составляющими теплового баланса озера. Материалы наблюдений и некоторые характеристики гидрометеорологического режима озера приводятся в данной статье. Здесь же рассматривается возможность применения метода теплового баланса при расчетах испарения с водной поверхности.

Горное оз.Сарычелек расположено на высоте 1925 м в бассейне р.Ходжаата (южный склон Чаткальского хребта). Площадь его 3,8 км², максимальная глубина — 244 м, средняя — 94 м, длина — 7 км, ширина — от 350 (в средней, наиболее узкой части) до 1400 м.

Характерная особенность озера — морфология его берегов: они почти отвесны, высота примерно 100–300 м над уровнем озера, сложены преимущественно скальными породами.

Встречающаяся по берегам озера растительность наблюдается в основном в саях. Северо-западная и юго-восточная части озера (особенно район расположения гидрометстанции) отличаются большей пологостью склонов и обилием травянистой растительности. Все это определяет специфические условия формирования метеорологического режима, в которых находится оз.Сарычелек.

В известной нам литературе вопросы гидрометеорологического режима и теплового баланса для указанных водое-

мов не рассматривались. Данные исследований, проводившихся на оз.Севан /5/ и Байкал /1/, только приближенно можно сравнивать с результатами наших исследований, так как формирование режима и теплового баланса сильно различается для крупных и малых водоемов из-за значительного влияния окружающей суши (краевой эффект) на режим водоемов. Работы на оз. Севан и Байкал могут служить программой подобных исследований в горных районах Средней Азии.

Полевые изучения радиационного и теплового баланса оз.Сарычелек проводились в июле 1965 г. Для этого были организованы специальные актинометрические наблюдения на озере и на берегу, в районе метеоплощадки Саогидропроекта.

Наблюдения на плоту, кроме стандартных по программе метеорологических станций второго разряда (измерения испарения по испарителю ГТИ-3000, наблюдения за температурой и влажностью воздуха, скоростью ветра и т.д.), включали также измерения радиационного баланса, суммарной радиации и альбедо водной поверхности.

Для определения суточного изменения теплосодержания измеряли температуру воды ртутными термометрами на глубинах 0,01, 0,40 и 1,0 м. В качестве измерительной аппаратуры применяли стандартные актинометрические приборы (термоэлектрический балансомер и альбедометр Янишевского).

Наблюдения на береговой метеоплощадке состояли из измерения прямой, рассеянной и суммарной радиации и радиационного баланса. Поток прямой солнечной радиации определяли с помощью термоэлектрического актинометра Савинова-Янишевского, подключенного к гальванометру типа ГСА-1. Суммарную и рассеянную радиации измеряли пиранометром, а радиационный баланс - термоэлектрическим балансомером. При установке приборов на плоту и метеоплощадке соблюдали рекомендации инструкции ГГО /4/ и монографии Ю.М.Янишевского /6/.

Высота установки балансомера-1,5 м, актинометра и пиранометра - 2,0 м. Травяной покров под балансомером на берегу в течение наблюдений оставался естественным.

Весь комплекс наблюдений на берегу и плоту проводился строго синхронно суточными сериями через три часа (начиная с 6 час.30 мин. местного среднесолнечного времени) и через шесть часов. Всего за июль месяц проведено 12 суточных серий. В эти же сроки проводили дополнительные измерения температуры, влажности воздуха и скорости ветра. Переводные множители приборов определяли дважды за период наблюдений: в начале и конце июля.

Для анализа и некоторых расчетов использованы материалы наблюдений Саогидропроекта над температурой, абсолютной влажностью воздуха, скоростью ветра и распределением его по направлению, кроме того, использованы результаты термических разрезов озера, проводившихся в среднем через 10 дней. Все материалы объединены в сводную таблицу актинометрических наблюдений (таблица).

Прежде всего следует отметить характерные условия погоды в период работ: в утренние часы было преимущественно ясно, далее к полудню постепенно развивалась облачность, нередко во второй половине дня выпадали осадки, к вечеру облачность рассеивалась, и ночью обычно небо было чистое.

Некоторым своеобразием отличается ветровой режим. В основном преобладают ветры, направленные вдоль озера. Усиление ветра большей частью связано с грозовой деятельностью или с развитием горно-долинной циркуляции.

Анализ составляющих радиационного баланса показал, что соотношение суммарной радиации на берегу и озере не постоянно. Оно зависит от облачности, в условиях горного озера существенное значение, кроме этого, имеет и различие в закрытости горизонта горами на береговой станции и на плоту.

Известная зависимость альбедо водной поверхности от высоты солнца и времени суток в нашем случае выражена не очень отчетливо в утренние часы (рис. I). Это объясняется прежде всего закрытостью горизонта.

Соотношение между радиационным балансом озера и суши более постоянно, чем суммарная радиация. Для примера

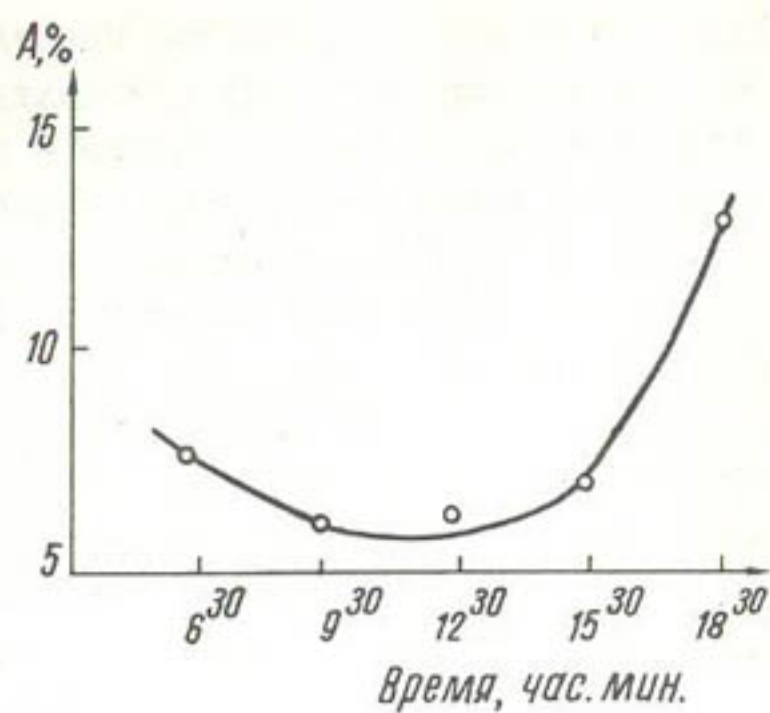


Рис. I. Суточный ход альбедо водной поверхности.

(рис.2а) показан типичный суточный ход радиационного баланса над водой и на берегу (по данным измерений 23 июля 1965 г.).

Облачность может внести существенные коррективы в суточный ход радиационного баланса. В этом отношении характерны графики, приведенные на рис. 2б. Первый график построен по данным измерений 8 июля 1965 г. В этот день утром наблюдалась ясная погода. Далее появилась мощная кучевая облачность, что отразилось на суточном ходе радиационного баланса. К полудню радиационный баланс над водой и суши уменьшился. Вторым графиком построен по данным измерений 28 июля 1965 г. Здесь обращает на себя внимание резкое уменьшение радиационного баланса над водной поверхностью в 15 час.30 мин. В это время только наблюдатель на плоту отметил закрытость солнца облачностью. Это и сказалось на суточном ходе. Соотношение между радиационным балансом озера и суши в известной мере определяется разностью температур воды и суши.

На рис.3 представлен суточный ход отношения $\frac{R_{\text{воды}}}{R_{\text{суши}}}$ осредненного по срокам за весь период наблюдений. Здесь минимум приходится на послеполуденные часы. Сопоставляя графики (рис.3) с суточным ходом разности температур воды и суши (рис.4), можно отметить достаточно четкое их согласование. Рассматриваемое отношение по абсолютным значениям мало отличается от аналогичных значений, полученных, например, для оз.Севан (I,39) и Волгоградского водохранилища (I,40) /2,3/. Обычно наблюдается уменьшение этого отношения к осени до I,00-0,95.

Метеорологический режим оз.Саричелек в значительной степени определяется суши, окружающей озеро. Суточный ход температуры воздуха на береговой площадке: в послеполуденные часы — максимальный, ночью — минимальный. В течение месяца температура воздуха изменялась незначительно: от 17,6 (2 июля) до 25,2 (28 июля).

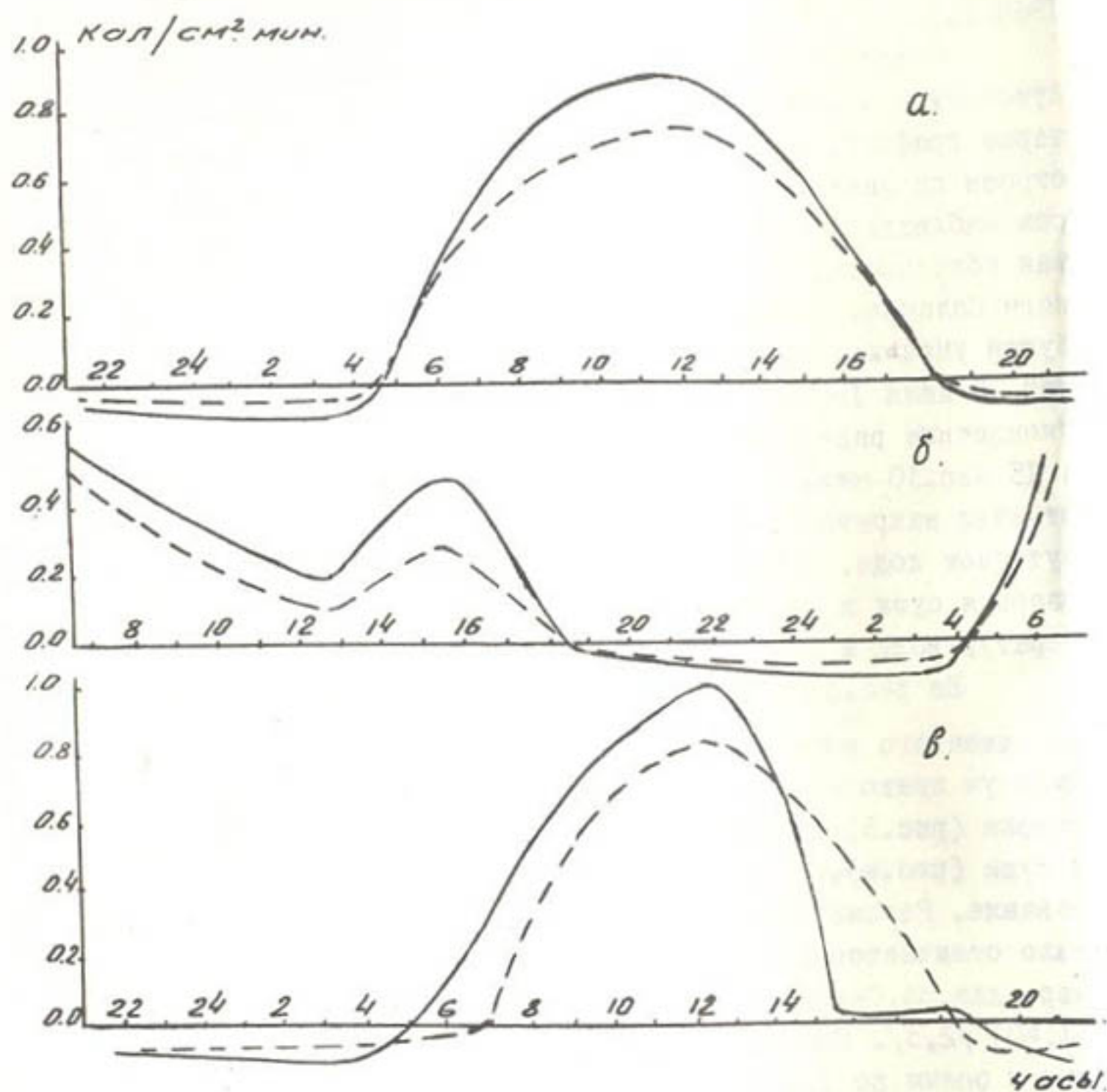


Рис.2. Суточный ход радиационного баланса над водой (прямая линия) и над сушей (пунктирная): а-23 июля; б- 28 июля; в-8-9 июля.

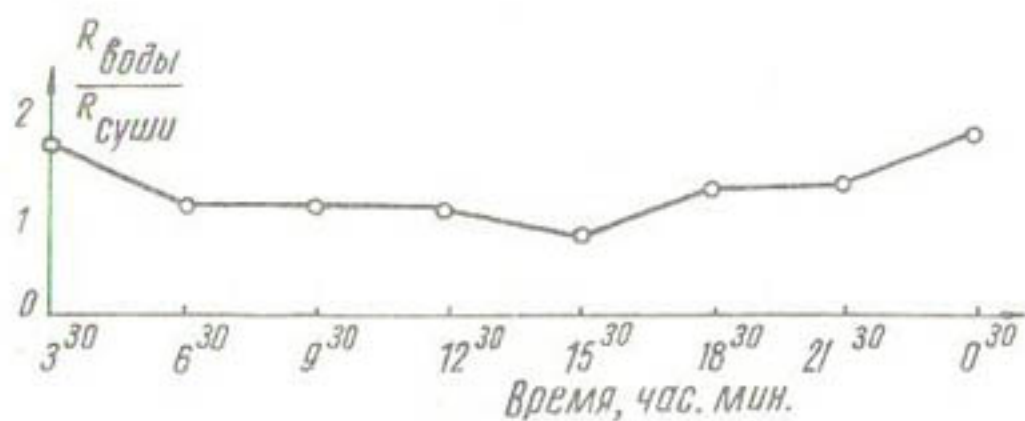


Рис.3. Суточный ход отношения радиационного баланса над водой к балансу над сушей.

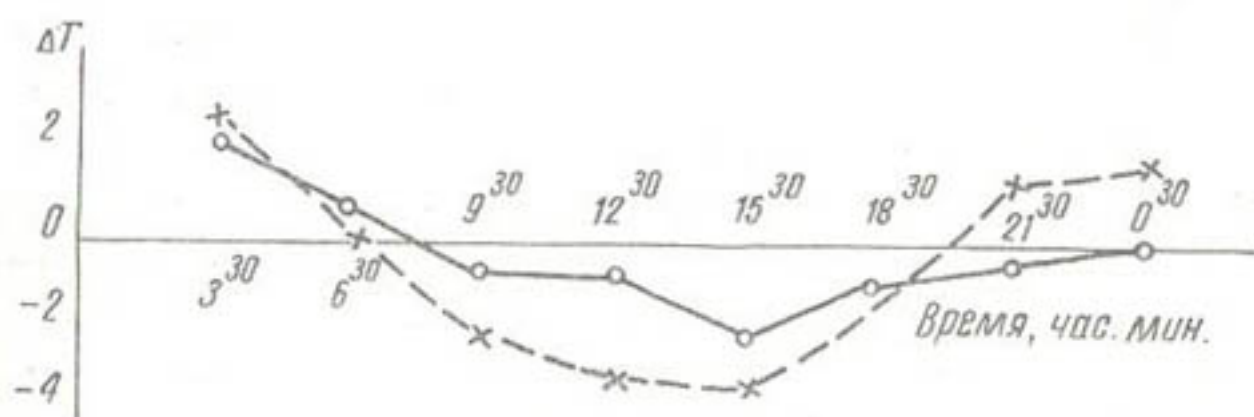


Рис.4. Суточный ход разности температур воды и воздуха (ΔT) над водоемом (прямая линия) и сушей (пунктирная).

Характерная особенность метеорологического режима приводного слоя озера — сильная зависимость его от температуры оголенных горных склонов, которые в дневное время намного больше нагреваются, чем травянистая поверхность в районе береговой станции, и больше охлаждаются ночью. Это особенно проявляется при рассмотрении трансформации температуры и влажности воздуха при движении воздушной массы над водной поверхностью. Например, 12 июля в 21 час. 30 мин., по данным береговой станции, натекающий на озеро воздух имел температуру $15,1^{\circ}$. Температура воды была $16,0^{\circ}$. Измерения же на плоту показали температуру воздуха $16,7^{\circ}$. Здесь явно сказалось влияние оголенного склона, вблизи которого находился плот.

Условия турбулентного обмена над водной поверхностью в известной мере можно характеризовать величиной

$\frac{T_{\text{возд.м}} - T_{\text{возд.г}}}{u^2}$ где все характеристики измеряются над водной поверхностью. Суточный ход этой величины (рис.5) показывает, что днем над водной поверхностью наблюдалась инверсия и только в ночные часы состояние было неустойчивым. Учитывая, что июль относится к периоду нагревания водной массы озера, такие условия можно считать нормальными.

Термические разрезы, проводимые раз в 10 дней, позволили определить характер распределения температуры в воде до глубины 20 м (рис.6а) и 60 м (рис.6б). В течение июля происходило нагревание водной массы озера, причем слой активного теплообмена доходил до глубины 20 м, далее температура воды практически (учитывая точность измерительных приборов) не менялась. При более подробном измерении температуры воды вблизи поверхности обнаружено наличие суточного хода. Некоторые отклонения от правильного (классического) хода вызваны резкими колебаниями облачности, или изменениями турбулентного прихода тепла к водной поверхности.

Параллельные наблюдения над водной поверхностью и на берегу позволили исследовать возможность применения метода ГГО /4/ при расчетах температуры и влажности воздуха

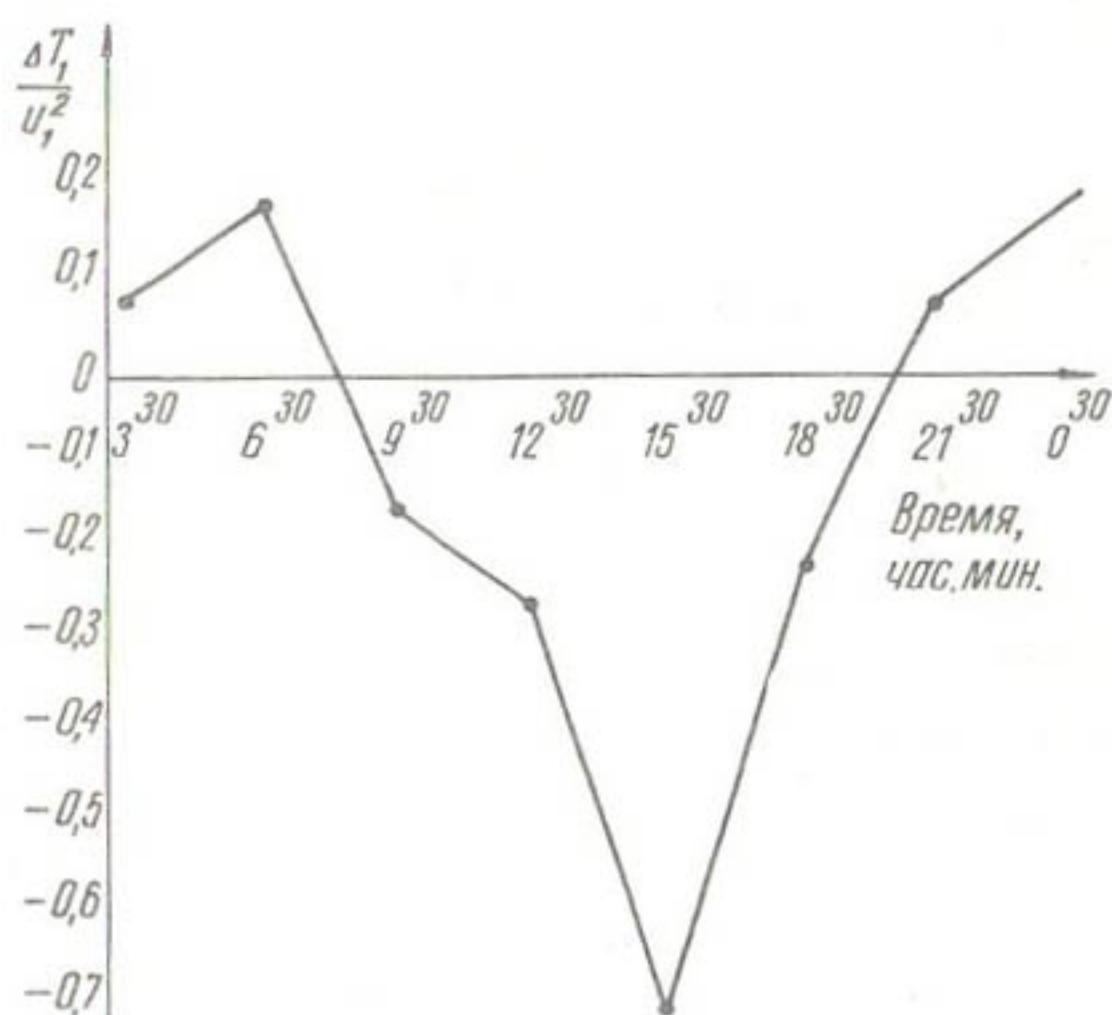


Рис.5. Суточный ход отношения $\frac{\Delta T_1}{u_1^2}$

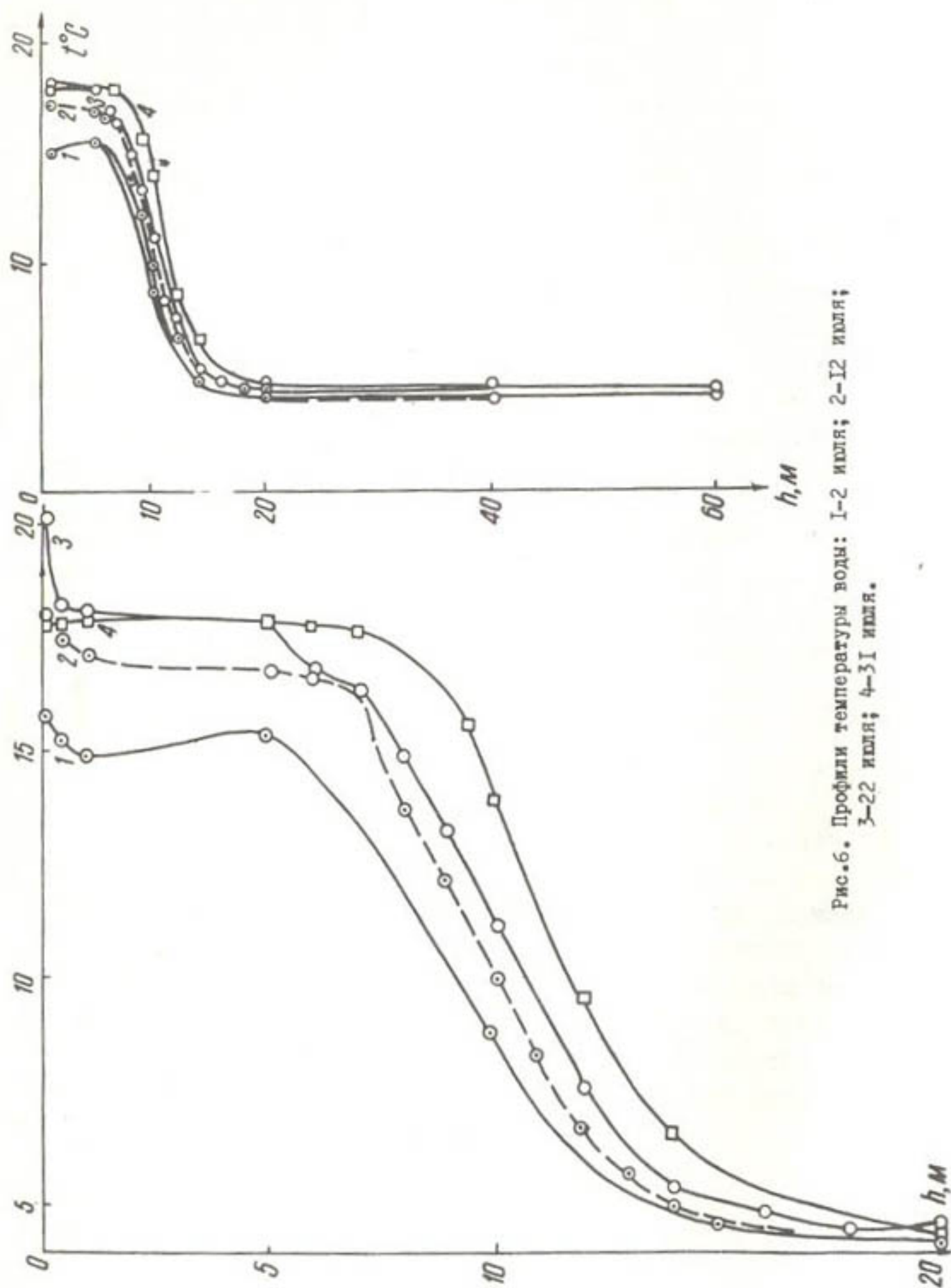


Рис. 6. Профили температуры воды: 1-2 июля; 2-12 июля;
3-22 июля; 4-31 июля.

над водой. Температура и влажность воздуха на основании решения задачи о трансформации этих элементов при переходе с суши на водную поверхность определяются по следующим формулам:

$$T_x = T + (T_n - T) F_t;$$

$$e_x = e + (e_n - e) F_e;$$

$$F_t = 1 - \frac{1,33}{x^n};$$

$$F_e = 1 - \frac{1,50}{x^n},$$

где T_x и e_x — температура и влажность воздуха над водой;

T и e — температура и влажность воздуха на берегу;

T_n — температура воды;

e_n — максимальная упругость водяного пара при температуре поверхности воды;

x — расстояние от берега до пункта наблюдений на воде в направлении ветра;

n — параметр стратификации.

Значение x определялось нами как средняя величина, характерная для озера при данном конкретном положении плота, поскольку определить x в каждом отдельном случае было невозможно из-за отсутствия наблюдений. Оценки возможных ошибок в расчетах, вследствие использования x , а не конкретных значений при данном направлении ветра, показали, что они невелики, так как в районе преобладают в основном два диаметрально противоположных направления ветра, при которых значения x имеют небольшое различие.

Поскольку в работе /4/ не дается никаких рекомендаций относительно расчетов при штиле, мы в этих условиях принимали максимальную величину x . Параметр стратификации определяли по значениям $\frac{\Delta T}{u^2}$.

Расчеты проводили для всех случаев наблюдений (рис.7), исключая те, при которых существенно сказывалось влияние горного склона. В результате расчетов температуры воздуха над водной поверхностью получены положительные результаты и отмечено, что применение указанной выше методики оправдано, а расчеты влажности воздуха указывают на возможность больших ошибок. Безусловно, что из-за короткого периода исследований этот вывод предварительный. Желательно было бы проверить расчеты на большем числе случаев.

По данным наших наблюдений можно определить основные составляющие теплового баланса озера. Уравнение теплового баланса записывается в виде:

$$R = B + P + LE,$$

где R — радиационный баланс водной поверхности;

B — теплообмен в воде;

P — теплообмен между водной поверхностью и атмосферой;

LE — затраты тепла на испарение.

Для расчета составляющих теплового баланса использованы данные круглосуточных наблюдений.

Суточную сумму радиационного баланса водной поверхности определяли по графикам суточного хода (рис.2).

Расчет изменения теплосодержания водной массы озера (B) проводили по измеренным вертикальным профилям температуры в воде, а турбулентного потока тепла и затрат его на испарение — по следующим формулам:

$$P = \frac{(R - B) \Delta T}{1,55 \Delta e + \Delta T} \quad \text{кал/см}^2 \cdot \text{сутки};$$

$$LE = 4,55 \frac{(R - B) \Delta e}{1,55 \Delta e + \Delta T} \quad \text{кал/см}^2 \cdot \text{сутки}.$$

Необходимые для расчета средние суточные величины ΔT и Δe получены непосредственно из наблюдений над водной поверхностью. Результаты расчетов приведены

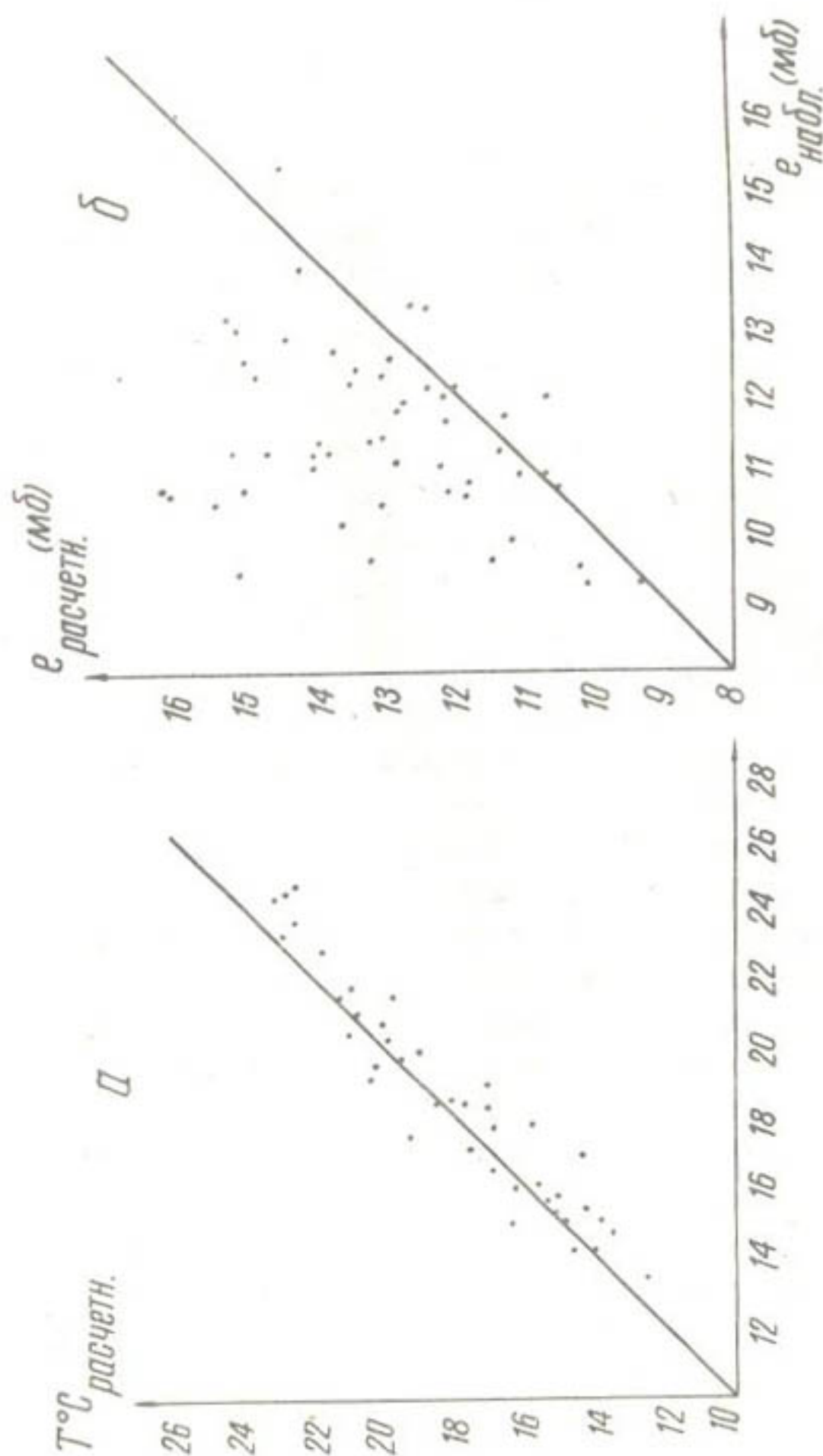


Рис. 7. Соотношение рассчитанных и наблюдавшихся температуры воздуха (а) и абсолютной влажности воздуха (б) над водной поверхностью.

ниже:

Дата							
8.УП	227	219	0,3	7,6	0	8	0,1
12.УП	356	219	-0,4	7,0	-5	142	2,4
18.УП	323	130	1,7	8,4	22	171	2,8
23.УП	427	217	-2,4	9,4	-41	251	4,2
28.УП	334	217	-1,2	10,5	-9	126	2,1

Следует отметить значительные колебания радиационного баланса в течение месяца и неравномерность в нагревании озера. Это связано с изменчивостью общих погодных условий.

Величина теплообмена с атмосферой за сутки очень невелика. Часто наблюдались случаи, когда турбулентный поток имел отрицательный знак, т.е. был направлен из атмосферы к водной поверхности. Радиационный и турбулентный приток тепла к водной поверхности затрачен на нагревание озера и испарение. Затраты тепла на испарение (ΔE) соизмеримы с изменением теплосодержания (B) и имеют порядок 150-200 кал/см²·сутки, исключая 8 июля, когда почти все тепло ушло на нагревание озера. Колебания испарения от суток к суткам достигают значительных величин. В среднем за месяц испарение равно 2,6 мм/сутки.

Сравнение полученных значений составляющих теплового баланса, например, с результатами исследований на оз.Севан /5/ показывает, что в июле на том и другом водоемах наблюдается аналогичное соотношение составляющих баланса. Правда, измеренные нами величины по абсолютному значению меньше, чем на оз.Севан прежде всего из-за уменьшения радиационного притока тепла (на оз.Севан в июле $R = 470$ кал/см²·сутки). Это сказалось на величинах испарения. В июле с оз.Севан испаряется 3,8 мм/сутки в то время, как с оз.Сарычелек, как мы видели выше - 2,6 мм/сутки.

Таким образом, в результате непродолжительных наблюдений за составляющими теплового баланса горного оз.Сары-

челек в июле 1965 г. установлена возможность применения метода теплового баланса для расчета испарения с водной поверхности в условиях горных водоемов Средней Азии.

Из-за короткого ряда наблюдений более детально исследовать отдельные вопросы не удалось. Желательно продолжить такие работы на этом или каком-нибудь другом горном водоеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верболов В.И., Сокольников В.М., Шимараев М.Н. Гидрометеорологический режим и тепловой баланс озера Байкал, Сиб.отд.АН СССР. Лимнологический ин-т, М.-Л., 1965.
2. Кирилова Т.В. Радиационный баланс озера Севан, Тр.ГГО, вып.78, Л., 1958.
3. Кирилова Т.В., Мыльникова А.Я. Радиационный баланс Волгоградского водохранилища, "Метеорология и гидрология", ГИМИЗ, 1965, № 9.
4. Рекомендации по определению составляющих теплового баланса водоемов, ГГО, Л., 1962.
5. Тимофеев М.П. (ред.). Метеорологический режим озера Севан, Л., ГИМИЗ, 1960.
6. Янишевский Ю.Д. Актинометрические приборы и методы наблюдений, Л., ГИМИЗ, 1957.

Результаты актинометрических наблюдений на оз.Сарычелек

Береговая площадка						
дата	сроки наблю- дений	облач- ность (верх- нижн.)	суммарная радиация (Q), кал/см ² . мин	рассеянная радиация (D), кал/см ² . мин	прямая сол- нечная ра- диация на перпендику- лярную по- верхность (S), кал/см ² .мин	прямая сол- нечная ра- диация на горизон- тальную по- верхность (S'), кал/см ² . мин
1	2	3	4	5	6	7

2.УП	6 ³⁰	9	0,49	-	-	-
	12 ³⁰	10/5	1,17	-	-	-
	18 ³⁰	5/3	0,08	-	-	-
3.УП	Дождь					
4.УП	6 ³⁰	10	0,56	0,19	0,84	0,49
	9 ³⁰	5/1	1,46	0,29	-	-
	12 ³⁰	10/10	0,81	-	-	-
	15 ³⁰	10/5	0,30	-	-	-
	18 ³⁰	10/10	0,04	-	-	-
5.УП	0 ³⁰					
	4 ³⁰					
	6 ³⁰	10/10	0,12	-	-	-
6.УП	6 ³⁰	0/0	0,54	0,12	1,02	0,58
	18 ³⁰	7/7	0,39	-	-	-
	18 ³⁰	10/7	0,12	-	-	-
7.УП	0 ³⁰	-	-	-	-	-
	6 ³⁰	0/0	0,48	0,10	1,03	0,60
8.УП	6 ³⁰	0/0	0,49	0,09	1,05	0,61
	9 ³⁰	8/8	-	-	-	-
	12 ³⁰	8/8	0,39	-	-	-
	15 ³⁰	7/7	0,64	0,40	-	-
	18 ³⁰	10/8	0,12	-	-	-
	21 ³⁰	-	-	-	-	-
9.УП	0 ³⁰	-	-	-	-	-
	3 ³⁰	-	-	-	-	-
	6 ³⁰	2/0	0,54	0,10	1,06	0,60

Таблица

радиацион- ный ба- ланс (R), кал/см ² .мин	R - S'	ско- рость ветра (V), м/сек	темпе- ратура возду- ха, t°	абсо- лютная влаж- ность (e), мб	недос- насы- щен- ность (d), мб	относи- тель- ная влаж- ность (z), %
8	9	10	11	12	13	14

0,21	-	0	13,5	10,5	5,0	68
0,65	0,47	1,9	17,6	11,2	8,9	55
0,04	-	0,0	14,5	11,4	5,1	69
0,44	-0,05	0,0	17,3	10,7	9,1	54
0,78	-0,12	1,5	19,8	10,6	12,5	46
0,43	-	0,8	21,2	9,9	15,3	39
0,13	-	1,9	18,3	9,5	11,5	45
0,03	-	0,0	16,5	11,5	7,3	61
0,04	-	0,0	13,4	11,0	4,4	72
0,03	-	0,0	13,6	11,6	4,0	74
0,48	-0,10	0,5	14,8	10,4	6,4	62
0,15	-	2,3	22,5	12,8	14,5	47
0,13	-	0,0	17,9	13,3	7,2	65
-0,06	-	0,0	13,0	10,4	4,6	69
0,51	-0,09	10,0	15,2	10,3	7,0	60
0,52	-0,09	0,5	15,2	10,0	7,3	58
0,26	-	0,6	20,7	10,5	13,9	43
0,10	-	1,8	21,3	10,2	15,2	40
0,29	0,05	1,1	21,3	10,4	15,0	41
0,00	-	0,0	19,0	11,5	10,5	52
-0,06	-	0,0	13,8	9,7	6,1	62
0,08	-	0,0	13,5	11,0	4,5	71
0,06	-	0,0	11,0	10,2	2,9	78
0,50	-0,10	0,6	15,3	10,2	7,2	59

1	2	3	4	5	6	7
10.УП 6 ³⁰	5/2	0,52	0,21	-	-	
12 ³⁰	10/10	1,41	0,70	-	-	
18 ³⁰	10/10	0,09	-	-	-	
11.УП 0 ³⁰	-	-	-	-	-	
6 ³⁰	10/0	0,36	0,10	-	-	
21 ³⁰	-	-	-	-	-	
12.УП 0 ³⁰	-	-	-	-	-	
4 ³⁰	-	-	-	-	-	
6 ³⁰	3/2	0,24	0,12	-	-	
9 ³⁰	7/6	1,6	0,46	1,23	1,11	
12 ³⁰	9/9	0,73	-	-	-	
15 ³⁰	9/9	0,33	-	-	-	
18 ³⁰	Дождь	-	-	-	-	
21 ³⁰	0/0	-	-	-	-	
16.УП 0 ³⁰	-	-	-	-	-	
6 ³⁰	3/2	0,47	0,14	-	-	
12 ³⁰	7/7	1,82	0,43	1,26	1,11	
18 ³⁰	Дождь	-	-	-	-	
17.УП 0 ³⁰	2/2	-	-	-	-	
18.УП 6 ³⁰	0/0	0,47	0,11	0,95	0,34	
9 ³⁰	5/5	1,40	0,27	1,32	1,17	
12 ³⁰	9/9	1,30	0,79	-	-	
15 ³⁰	10/10	0,45	-	-	-	
18 ³⁰	3/2	0,07	-	-	-	
21 ³⁰	0/0	-	-	-	-	
19.УП 0 ³⁰	6/0	-	-	-	-	
4 ⁰⁰	-	-	-	-	-	
6 ³⁰	0/0	0,44	0,11	0,90	0,51	
20.УП 0 ³⁰	0/0	-	-	-	-	
6 ³⁰	0/0	0,71	0,09	1,09	0,62	
12 ³⁰	8/1	1,38	0,18	-	-	
18 ³⁰	4/3	0,06	-	-	-	
21.УП 0 ³⁰	2/0	-	-	-	-	
22.УП 21 ³⁰	0/0	-	-	-	-	

Продолжение таблицы

8	9	10	11	12	13	14
0,15	-0,08	0,0	16,7	9,1	9,9	48
0,83	0,24	1,7	24,0	10,9	19,0	36
0,01	-	1,3	18,0	8,9	11,7	43
-0,02	-	0,0	13,7	9,5	6,2	61
0,16	-0,10	0,0	14,7	9,8	6,9	59
-0,05	-	0,0	15,5	11,9	5,7	68
-0,06	-	0,0	14,5	10,0	6,5	61
0,09	-0,07	0,7	16,7	12,0	7,0	63
0,82	0,05	1,5	22,3	11,8	15,1	44
0,42	-	2,4	17,2	10,8	8,8	55
0,12	-	1,0	20,6	12,4	11,9	51
-	-	-	-	-	-	-
-0,08	-	0,0	15,1	11,0	6,2	64
-0,02	-	0,0	15,5	10,9	6,7	62
0,10	0,06	0,0	16,9	11,7	7,6	61
0,97	-0,11	2,8	21,2	11,6	13,6	46
-	-	-	-	-	-	-
-0,07	-	2,1	15,2	10,1	7,0	59
0,24	0,10	0,0	13,0	9,2	5,8	62
0,92	-0,15	1,6	17,0	8,9	10,5	46
0,55	0,23	1,3	19,6	10,4	12,4	46
0,15	-	0,0	19,0	9,2	12,8	42
0,04	-	0,0	16,5	12,4	6,4	66
-0,05	-	0,0	14,5	11,5	5,0	70
-0,02	-	0,0	12,3	11,3	3,0	79
-0,06	-	0,0	12,6	10,1	4,5	69
0,42	-0,09	0,7	15,1	10,5	6,7	61
-0,07	-	0,0	14,3	10,8	5,5	67
0,46	-0,16	0,0	18,3	10,8	10,2	51
0,79	0,22	2,0	25,0	8,9	22,8	28
-0,05	-	4,5	21,7	9,0	17,0	34
-0,06	-	0,0	15,7	8,9	8,9	50
-0,05	-	0,0	18,0	10,0	10,5	49

							Продолжение таблицы						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
23.УП	0 ³⁰	0/0	-	-	-	-	-0,05	-	0,0	17,0	10,1	9,3	52
	4 ⁰⁰	0/0	-	-	-	-	-0,05	-	0,0	15,6	10,3	7,4	53
	6 ³⁰	0/0	0,42	0,12	0,76	0,44	0,39	-0,05	0,0	18,9	12,3	9,5	56
	9 ³⁰	0/0	1,31	0,24	1,15	1,02	0,66	-0,12	2,0	24,5	-	-	-
	12 ³⁰	1/1	1,57	0,29	1,17	0,98	0,75	-0,13	0,0	26,3	-	-	-
	15 ³⁰	3/3	0,65	0,30	-	-	0,47	-0,06	2,0	25,5	-	-	-
	18 ³⁰	2/2	0,06	-	-	-	-0,02	-	0,0	22,7	-	-	-
	21 ³⁰	-	-	-	-	-	-0,06	-	0,0	17,2	-	-	-
26.УП	6 ³⁰	3/3	0,39	0,17	-	-	0,09	-0,03	0,0	17,0	12,2	7,2	63
	12 ³⁰	3/3	1,65	0,39	1,21	1,10	1,01	-0,20	2,5	22,9	8,7	19,2	31
	18 ³⁰	9/9	0,10	-	-	-	0,01	-	0,0	15,0	13,6	3,5	80
	24 ³⁰	-	-	-	-	-	-0,04	-	4,3	16,7	6,6	12,4	35
27.УП	6 ³⁰	0/0	0,37	0,13	0,74	0,44	0,37	-0,07	0,0	14,8	9,6	7,2	57
	21 ³⁰	-	-	-	-	-	-0,08	-	0,0	16,0	10,8	7,4	60
	24 ³⁰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.УП	3 ³⁰	0/0	-	-	-	-	-0,06	-	2,4	14,2	9,4	6,8	68
	6 ³⁰	0/0	0,09	-	-	-	-0,02	-	0,0	14,5	9,4	7,1	57
	9 ³⁰	0/0	1,38	0,15	1,35	1,20	0,64	-0,29	2,0	22,5	9,2	18,1	34
	12 ³⁰	2/2	1,61	0,19	1,28	1,16	0,84	-0,28	2,0	25,2	8,6	23,5	27
	15 ³⁰	2/2	1,07	0,20	1,12	0,73	0,55	-0,13	2,0	25,6	8,4	24,5	26
	18 ³⁰	0/0	0,06	-	-	-	-0,03	-	0,0	23,0	9,8	18,3	35
	21 ³⁰	-	-	-	-	-	-0,06	-	0,0	16,7	11,2	7,8	59

Плавучая установка						
Дата	сроки наблю- дений	облач- ность (верхн. нижн.)	суммар. радиац. (Q), кал/см ² мин	альбедо дея- тельн. поверх. (A _к)	радиац. баланс (R), кал/см ² мин	R - S кал/см ² мин
1	2	3	4	5	6	7
2.УП	6 ³⁰	10/3	0,70	0,06	0,01	-
	12 ³⁰	10/3	0,94	0,1	0,05	-
	18 ³⁰	3/3	0,07	0,03	0,07	-
3.УП	0 ³⁰	Дождь	-	-	-	-
4.УП	6 ³⁰	10/0	0,55	0,06	0,32	-0,17
	9 ³⁰	7/3	1,42	0,06	0,87	0,05
	12 ³⁰	10/5	0,82	0,11	0,62	0,43
	15 ³⁰	10/10	0,30	0,07	0,16	-
	18 ³⁰	Дождь	-	-	-	-
5.УП	0 ³⁰	-	-	-	-0,05	-
	4 ³⁰	-	-	-	-	-
	6 ³⁰	10/10	0,10	-	0,03	-
6.УП	6 ³⁰	0/0	0,52	0,07	0,58	0,00
	12 ³⁰	7/6	0,33	0,24	0,21	-
	18 ³⁰	10/10	0,13	0,14	0,03	-
7.УП	0 ³⁰	-	-	-	-0,12	-
	6 ³⁰	0/0	0,52	0,06	0,57	-0,03
8.УП	6 ³⁰	0/0	0,56	0,04	0,59	-0,02
	9 ³⁰	8/5	-	0,05	0,36	-
	12 ³⁰	7/3	0,39	-	0,19	-
	15 ³⁰	10/3	0,67	0,08	0,49	-
	18 ³⁰	9/7	0,08	0,00	0,00	-
	21 ³⁰	10/10	-	-	-0,08	-
9.УП	0 ³⁰	0/0	-	-	-0,10	-
	3 ³⁰	0/0	-	-	-0,11	-
	6 ³⁰	2/0	0,55	0,1	0,57	-0,03

температура воды (t°С)							
скор. ветра (V), м/сек	темпе- ратура возду- ха (t°)	абсол. влаж- ность (e), мб	не- дост. на- сыщен. (d), мб	относ. влаж- ность (z), %	0,01, м	0,4, м	1,0, м
8	9	10	11	12	13	14	15
3,0	12,8	9,9	4,9	67	14,4	15,1	-
2,0	17,6	-	-	-	-	-	-
3,0	15,1	12,3	4,9	71	15,6	15,8	-
-	-	-	-	-	-	-	-
6,0	15,0	10,3	6,8	60	15,0	15,4	-
0,0	27,4	-	-	-	-	-	-
0,0	20,0	9,6	13,8	41	16,4	-	-
5,0	17,8	11,4	9,0	56	15,8	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	14,4	11,6	4,8	71	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	14,2	11,4	4,8	71	15,1	15,6	-
3,4	14,2	10,6	5,5	67	15,1	15,6	-
4,0	19,6	9,2	13,6	40	17,8	16,6	16,6
0,0	18,4	11,0	10,2	52	16,0	16,1	16,0
3,0	15,0	11,0	6,1	64	15,4	16,0	16,0
0,0	14,2	10,4	5,8	64	15,3	15,8	15,9
0,0	14,9	11,0	6,0	65	15,4	15,7	15,9
0,0	18,2	12,5	8,4	60	19,2	16,7	16,3
4,0	20,3	13,0	3,5	85	18,6	17,2	17,0
3,0	19,8	12,3	10,8	53	17,9	17,5	17,3
2,0	18,6	12,5	8,9	58	17,2	17,0	16,9
1,0	15,0	12,0	5,1	70	16,4	16,6	16,6
0,0	14,2	12,6	3,6	78	16,0	16,4	16,5
6,0	13,4	11,6	3,8	75	15,6	16,2	16,2
1,0	14,2	10,9	5,3	67	15,7	15,8	16,2

I	2	3	4	5	6	7
10.УП	6 ³⁰	7/0	0,54	0,02	0,22	0,00
	12 ³⁰	9/9	1,37	0,06	0,88	0,39
	18 ³⁰	10/10	0,09	0,19	-0,01	-
11.УП	0 ³⁰	10/0	-	-	0,06	-
	6 ³⁰	2/0	0,52	0,08	0,18	-0,08
	21 ³⁰	10/0	-	-	-0,07	-
12.УП	0 ³⁰	-	-	-	-0,08	-
	4 ³⁰	-	-	-	-	-
	6 ³⁰	3/0	0,35	0,07	-0,01	-
	9 ³⁰	8/8	1,68	0,06	1,10	0,25
	12 ³⁰	6/5	1,59	0,06	0,89	0,46
	15 ³⁰	10/10	0,28	0,03	0,13	-
	18 ³⁰	Дождь	-	-	-	-
	21 ³⁰	-	-	-	-0,08	-
16.УП	0 ³⁰	-	-	-	-0,04	-
	6 ³⁰	2/2	0,37	0,07	0,15	0,0
	12 ³⁰	7/7	1,80	0,05	1,00	0,08
	18 ³⁰	Дождь	-	-	-	-
17.УП	0 ³⁰	2/2	-	-	-0,10	-
18.УП	6 ³⁰	0/0	0,50	0,06	0,32	-0,02
	9 ³⁰	5/4	1,53	0,08	1,14	-0,04
	12 ³⁰	10/10	0,82	0,09	0,58	-
	15 ³⁰	8/7	0,34	0,12	0,10	-
	18 ³⁰	5/2	0,06	0,06	-0,06	-
	21 ³⁰	-	-	-	-0,10	-
19.УП	0 ³⁰	5/0	-	-	-0,11	-
	4 ⁰⁰	-	-	-	-0,12	-
	6 ³⁰	0/0	0,49	0,09	0,52	0,01
20.УП	0 ³⁰	-	-	-	-0,10	-
	6 ³⁰	0/0	0,71	0,09	0,60	-0,01
	12 ³⁰	3/2	1,5	0,04	1,01	0,03
	18 ³⁰	2/0	0,04	0,0	-0,06	-
21.УП	0 ³⁰	0/0	-	-	-0,11	-

8	9	10	11	12	13	14	15
5,0	16,0	11,7	6,5	64	15,9	16,2	16,4
1,0	20,4	13,3	10,7	56	21,2	17,6	17,3
0,0	17,1	12,1	7,4	62	15,8	16,4	16,4
4,0	15,4	9,6	7,9	55	15,4	16,2	16,4
7,0	14,2	10,6	5,6	65	15,6	16,2	16,2
4,0	17,6	12,8	7,3	63	15,5	16,8	17,1
2,0	15,8	12,0	6,0	67	16,2	16,5	16,5
-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	16,7	11,0	8,0	58	15,8	16,2	16,5
2,0	20,5	12,3	11,8	51	19,8	17,4	16,8
3,0	17,0	12,5	6,9	65	16,8	16,8	16,7
3,0	17,5	13,8	6,2	69	17,2	16,9	17,0
-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	16,7	12,8	6,2	67	16,0	16,2	16,4
2,0	18,4	11,2	10,0	53	17,2	17,9	17,9
3,0	16,3	12,2	6,3	66	16,6	17,2	17,1
4,0	20,8	10,6	14,0	43	19,0	18,0	17,8
-	-	-	-	-	-	-	-
7,0	15,8	9,8	8,2	55	15,0	17,4	17,4
3,0	12,5	9,3	5,2	64	15,6	16,8	16,8
2,0	16,2	9,5	8,9	52	17,4	17,2	17,1
4,0	17,3	10,2	9,6	51	18,9	17,5	17,3
0,0	18,5	10,1	11,2	47	18,2	17,5	17,5
0,0	16,5	13,1	5,7	70	17,5	17,1	17,4
6,0	15,6	12,4	5,3	70	16,8	17,2	17,2
8,0	14,7	11,4	5,3	68	16,1	17,0	17,0
7,0	12,0	12,2	1,8	87	15,8	16,8	16,8
4,0	14,9	11,2	5,8	66	15,9	16,6	16,7
7,0	16,5	11,8	7,0	63	16,4	17,1	17,1
8,0	17,1	11,9	7,1	61	16,2	17,0	16,9
3,0	23,8	10,4	19,1	35	20,2	18,3	17,9
3,0	21,6	11,1	14,7	43	17,8	18,3	18,2
7,0	17,8	9,9	10,5	49	16,0	17,0	17,0

I	2	3	4	5	6	7
22.УП	21 ³⁰	-	-	-	-0,08	-
23.УП	0 ³⁰	0/0	-	-	-0,10	-
	4 ⁰⁰	-	-	-	-0,10	-
	6 ³⁰	0/0	0,44	0,08	0,46	0,02
	9 ³⁰	0/0	1,35	0,07	0,84	0,07
	12 ³⁰	0/0	1,56	0,05	0,89	0,03
	15 ³⁰	2/0	0,71	0,05	0,53	-
	18 ³⁰	0/0	0,05	0,0	-0,05	-
	21 ³⁰	-	-	-	-0,09	-
26.УП	6 ³⁰	5/0	0,45	0,08	0,14	0,05
	12 ³⁰	4/4	1,54	0,05	0,96	0,05
	18 ³⁰	8/8	0,09	0,0	0,0	-
	24 ³⁰	Сильный ветер	-	-	-	-
27.УП	6 ³⁰	0/0	0,40	0,08	0,45	0,01
	21 ³⁰	0/0	-	-	-0,08	-
	24 ³⁰	-	-	-	-	-
28.УП	3 ³⁰	0/0	-	-	-0,12	-
	6 ³⁰	0/0	0,59	0,17	0,21	-0,13
	9 ³⁰	0/0	1,35	0,05	0,77	-0,11
	12 ³⁰	1/1	1,60	0,05	1,00	-0,05
	15 ³⁰	3/3	0,69	0,07	0,02	-
	18 ³⁰	1/1	0,04	0,23	0,05	-
	21 ³⁰	0/0	-	-	-0,11	-

8	9	10	11	12	13	14	15
3,0	19,5	11,2	11,5	50	16,8	17,2	17,3
6,0	19,6	11,0	11,8	48	16,6	17,3	17,3
6,0	13,8	13,3	2,5	84	16,4	17,5	17,5
4,0	18,5	11,2	10,1	52	16,5	17,3	17,2
3,0	22,9	11,2	16,7	40	19,4	18,2	17,7
3,0	24,4	10,0	20,6	33	20,2	18,3	18,1
2,0	24,8	10,8	20,5	35	19,8	18,9	18,7
2,0	21,9	12,9	13,4	49	19,3	19,4	18,4
2,0	18,8	13,3	8,4	61	18,0	18,5	18,5
2,0	17,0	12,0	7,4	62	17,2	17,8	17,8
4,0	21,4	9,9	15,6	39	19,8	18,6	18,4
1,0	16,2	12,6	5,8	69	17,7	18,5	18,4
-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	15,2	10,8	6,5	62	16,8	17,8	17,7
-	17,4	12,2	7,7	61	7,6	18,3	18,3
-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	16,2	10,7	7,7	58	16,7	18,0	17,9
2,0	16,2	10,7	7,7	58	17,0	17,8	17,8
3,0	21,2	10,6	14,6	42	19,2	18,6	18,2
2,0	23,3	9,3	19,3	33	20,8	18,8	18,7
3,0	24,6	9,4	21,6	30	20,2	19,0	18,8
1,0	19,2	15,3	7,0	69	17,8	18,6	18,5
6,0	19,0	11,3	10,7	51	19,0	18,6	18,6

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСПАРЕНИЯ
С ВЛАГОЛЮБИВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗЕМЛЯХ НОВОГО ОСВОЕНИЯ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ

В течение мая-октября 1964 г. отдел гидрологии и водного баланса САНИИРИ провел специальные исследования испарения на опытном участке закрытого дренажа, расположенном в зоне Центральной Ферганы на землях нового освоения колхозов "Большевик" и "Совет" Ахунбабаевского района Ферганской области.

Наблюдения были организованы на опытных делянках с посевами хлопчатника и риса и на участке с естественной подстилающей поверхностью. В данной статье кратко изложены результаты той части работ, которые проводились на рисовом поле.

В задачу исследований входили наблюдения за составляющими радиационного баланса, распределением температуры и влажности воздуха и их градиентами в приземном слое атмосферы, распределением скорости ветра над деятельной поверхностью, а также температурой воды в рисовых чеках.

Поток прямой солнечной радиации измеряли термоэлектрическим актинометром, суммарную, рассеянную и отраженную радиации — пиранометром и альбедометром, а радиационный баланс — термоэлектрическим балансометром. Наблюдения по приборам проводили в виде суточных и дневных серий через каждые три часа.

Температуру и влажность воздуха измеряли на высотах 10, 20, 50, 100, 200 и 300 см аспирационными психрометрами большой модели. Скорость ветра определяли на высотах 50, 100, 200 и 300 см ручными анемометрами.

Для определения суммарного испарения использованы два стандартных испарителя ГГИ-3000, установленных среди растительности. В один из испарителей высадили рис. Глубина воды в испарителях была такой же, как и в рисовой чеке.

Температуру воды определяли поплавковым и родниковым термометрами. К сожалению, исследования не удалось осуществить полностью в том объеме, в каком они намечались (из-за карстовых явлений на подводящем канале, из которого брали воду на орошение рисового поля, в течение сезона несколько раз происходил размыв ложа). Вследствие периодического недостатка воды на рисовом поле посевы оказались изреженными, наблюдалась большая засоренность дикой влаголюбивой растительностью (местное название "курмак"). В испарителе же растения росли нормально. В связи с этим мы ставили вопрос в несколько более общем виде и рассматривали не столько испарение с рисового поля, сколько вообще испарение с влаголюбивой растительности.

Полевые исследования на участке проводились с 19 мая по 5 сентября (таблица).

Суммарное испарение сравнивали с расчетными величинами испарения с водной поверхности. При этом были использованы данные метеостанции "Фергана" за 1964 г. В показания испарителя с водой введен редуцирующий коэффициент.

Испарение в первой и второй декадах мая и во второй половине сентября характеризуется расчетными величинами. В мае испаритель с водой показывает примерно столько же, сколько испарилось в этом месяце (согласно расчету) с открытой водной поверхности, испаритель с рисом (период всходов) — в 1,15 раз больше. Появившиеся растения начинают затенять испаритель с водой, поэтому в июне и июле месячные суммы испарения по испарителю значительно меньше, чем с открытой водной поверхности. Испаритель же с рисом показывает повышение в 1,18 и 1,21 раз. Коэффициент перехода от испарения с открытой водной поверхности к испарению влаголюбивой растительности имеет наибольшее значение /2,3/ в августе, в период колошения и налива риса. Как видим, коэффициент перехода в течение сезона изменяется в пределах 1,1-2,3.

Известны работы, в которых рассматривается испарение с водной поверхности при наличии растительности. Да-

тальные исследования проводились на специальных установках в Валдайской научно-исследовательской гидрологической лаборатории и на Нижнедевицкой стоковой станции, на водоемах Валдайской возвышенности, на оз.Рыбный Сакрыл в Поволжье, в дельтах рек Или и Амударьи, на озерах Северного Казахстана, Алтайского края и в некоторых других пунктах /2,4,5,6,9/. Суммарное испарение измеряли транспирационным испарителем, а испарения с воды между растениями – микро-испарителем, испарителем-макетом или испарителем ГТИ-3000. В некоторых работах для определения транспирации применялся ботанический метод (метод быстрого взвешивания).

Таблица

Величина испарения (мм) с влаголюбивой растительности и водной поверхности

Элемент	У	УІ	УІІ	УІІІ	ІХ	У-ІХ	:За ве- гета- ционный период
Испарение с водной поверхности (расчет. величины)	126	179	177	137	104	723	596
Испарение с водной поверхности (испаритель затенен)	131	152	120	-	-	-	-
Испарение с поверхности воды между растениями	96	60	59	46	66	327	200
Транспирация	49	152	155	269	129	754	754
Суммарное испарение	145	212	214	315	195	1081	954

Результаты опытов показали, что заросшие полупогруженной водной растительностью участки водоемов теряют на испарение большее количество воды, чем открытая водная поверхность. При этом значительную роль играют гидрометеорологические условия, вид водной растительности, количество растительной массы и другие факторы. По данным наблюдений

В.И.Кузнецова /3/, коэффициент перехода от испарения с открытой водной поверхности к испарению с зарослей для условий Валдая изменяется в пределах 1,3-2,0 (в зависимости от года и вида растений). На оз.Рыбный Сакрыл этот коэффициент равен 1,9, а в дельтах рек Или и Амударьи соответственно 1,6-1,8 и 2,2. Коэффициент значительно изменяется и в течение сезона: от 1,1 в мае до 2,0 в августе - по одним данным /4/, и от 0,8 в мае и до 2,1 в июле - по другим /6/. Для разных видов водных растений эти соотношения наиболее существенно отличаются друг от друга только во второй половине лета.

Результаты наших наблюдений за испарением влаголюбивой растительности на землях нового освоения Центральной Ферганы показывают примерно такие же изменения коэффициента перехода в течение сезона, как и исследования на Валдае /4/.

Если воспользоваться рекомендациями работы В.И.Кузнецова /4/ и принять, что испарение с воды между растениями составляет одну треть испарения с открытой водной поверхности, то можно выделить величину транспирации (таблица).

По Г.З.Венцкевичу /1/, большинство сортов риса, культивируемых у нас, проходит период вегетации за 90-130 дней. З.Ф.Тулякова /8/ рассматривает период в 120 дней (с 14 мая по 10 сентября). Наши наблюдения на опытном участке были начаты 19 мая и закончены 5 сентября, т.е. продолжались 110 дней и захватили почти все фазы развития растений, кроме восковой и полной спелости. Так как в последней фазе растения меньше всего транспирируют, в наших работах принято, что вегетация заканчивается 15 сентября, т.е. период - 120 дней. Суммарное испарение за недостающие десять дней восстановлено по графикам связи величин испарения за август и сентябрь по испарителю с рисом, по испарителю ГИ-3000, установленному на гидрометстанции "Фергана" и по Кайраккумскому испарительному бассейну. Следовательно, суммарная величина испарения с влаголюбивой ра-

стительности за период май-сентябрь равна 1081 мм.

За вегетационный период (с 19 мая по 15 сентября) с влаголюбивой растительности испарилось 954 мм воды, за это же время с водной поверхности - 596 мм. Это значит, что в наших условиях коэффициент перехода равен в среднем 1,6.

Мы предприняли также попытку определить суммарное испарение с влаголюбивой растительности методом теплового баланса, который основан на уравнении сохранения энергии и изложен достаточно подробно во многих работах советских и зарубежных исследователей. Расчетная формула для определения испарения /7/ имеет следующий вид:

$$E = 25,8 \cdot 10^{-3} \frac{(P-B) \Delta e}{1,55 \Delta e + \Delta t} \quad \text{мм/сутки,} \quad (I)$$

где P - радиационный баланс;

B - теплообмен в воде;

Δt и Δe - градиенты температуры и влажности воздуха в приземном слое атмосферы.

В формуле (I) мы сочли возможным принять изменения теплосодержания воды (B) равным нулю. Результаты расчетов приведены ниже.

III-декада	У I	У II	У III	Сумма
84	212	246	235	777

Сопоставляя суммарные испарения, определенные методом теплового баланса и испарителем, видим, что они значительно (до 25-35%) отличаются друг от друга. Вероятно, не совсем справедливо принимать теплообмен в воде, равный нулю, для коротких интервалов времени. Однако суммы за период в первом и втором случаях (805 и 777 мм) сравнительно близки.

Итак, суммарная величина испарения с влаголюбивой растительности за вегетационный период равна 954 мм. Коэффициент перехода от испарения с открытой водной поверхно-

сти к испарению влаголюбивой растительности в течение сезона изменяется в пределах I, I-2, 3. Для условий Центральной Ферганы коэффициент перехода в среднем равен I,6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венцкевич Г.З. Сельскохозяйственная метеорология, Л., Гидрометеиздат, 1952.
2. Гельбух Т.М. Испарение с зарослей тростника в водоемах, Тр.ГГИ, вып.92, 1964.
3. Кузнецов В.И. Об испарении с зарастающих водоемов, Тр.Всесоюзного гидрологического съезда, т.Ш, Л., Гидрометеиздат, 1959.
4. Кузнецов В.И. Расчеты испарения с поверхности открытых и зарастающих водоемов на основе данных экспериментальных исследований, Материалы Междуведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы, Валдай, 1964.
5. Красовский А.А. Применение методов ГГИ и ГГО к установлению испарения с водной поверхности водохранилищ и транспирации водной растительности, Тр.Ш Всесоюзного гидрологического съезда, т.Ш., Л., Гидрометеиздат, 1959.
6. Соседов И.С. Потери воды на испарение и транспирацию в дельте р.Или, "Изв.АН КазССР", сер.Энергет., вып. I(13), 1958.
7. Тимофеев М.П. Метеорологический режим водоемов, Л., Гидрометеиздат, 1963.
8. Тулякова З.Ф. Водный баланс рисового поля, Материалы Междуведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы, Валдай, 1964.
9. Форш Л.Ф. Испарение и транспирация в дельте Амударьи, Тр.лаб.озероведения АН СССР, т. IV, 1957.

Б.Е.МИЛЬКИС, Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ

ИСПАРЕНИЕ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ
НИЗОВЬЕВ р.ВАХШ

Орошение и хозяйственное освоение новых и улучшение водообеспечения использованных земель в бассейне Амударьи требуют полных и надежных сведений о водных ресурсах реки. В связи с этим приобретает известный интерес вопрос о том, какое количество воды теряется на испарение с водной поверхности реки, с ее разливов и на транспирацию с заросших участков.

Для оценки возможности использования при водобалансовых расчетах имеющихся соотношений, а также для выяснения некоторых деталей этого сложного вопроса, САНИИРИ летом 1967 и 1968 гг. проводил совместно с Саогидропроектом полевые исследования испарения и транспирации на территории заповедника "Тигровая балка", расположенного в юго-западной части ТаджССР в низовьях р.Вахш.

Некоторые результаты этих исследований изложены в настоящей статье.

Заповедник "Тигровая балка" имеет вытянутую форму с севера на юг общей протяженностью около 50 км. Вахш делит территорию на две части: большую — левобережную и малую — правобережную. Пойма реки богата озерами, многие из них находятся под непосредственным ее воздействием. Характерной чертой водного режима этих озер является резкое колебание их уровня. Площади озер колеблются от нескольких десятков до 3—5 м². Наибольшая глубина достигает 5—6 м. При сильных разливах реки вся пойменная терраса покрывается водой, поэтому размеры и конфигурация озер меняются. На второй (надпойменной) террасе расположены сравнительно соленые озера: Джиликульское, Гуликовское, Кирпичное, Подковное

и др., которые являются старицами и никогда не заливаются Вахшем. В настоящее время они пополняются в основном за счет сбросных вод с хлопковых полей долины.

Климат юго-западной части Таджикистана — континентальный. Лето сухое, в холодный период года погода неустойчива. На климат здесь существенное влияние оказывает расположение горных хребтов: вытянутые в широтном направлении они защищают район от проникновения с севера холодных воздушных масс. Для этого района характерны большие амплитуды суточных и сезонных температур воздуха и малое количество осадков. Среднегодовая температура равна $+15,6^{\circ}$, абсолютный максимум $+46,0^{\circ}$, абсолютный минимум $-25,5^{\circ}$. Продолжительность безморозного периода — 222–232 дня. В летние месяцы относительная влажность понижается до 22–25%, а в зимние достигает 62–71%. В районе выпадает от 50–110 мм осадков. На территории заповедника господствуют северные, северо-восточные и западные ветры. Скорость их небольшая — 1,3–2,2 м/сек.

Полевые исследования испарения в низовьях Вахша проводились с июня по октябрь 1967 и 1968 гг. Были организованы три плавучих испарительных установки. Первая располагалась в средней открытой части Гуликовского озера, на свободно плавающем плоту, имеющем ромбовидную форму. Вторая смонтирована на прямоугольном малом плоту в зарослях влаголюбивой растительности, окаймляющих это озеро. Третья находилась на ромбовидном плоту в средней части широкого протока Вахша, вблизи русла реки.

Наблюдения на испарительных установках проводились по программе метеорологических станций старого разряда, дополненных специальными микроклиматическими и актинометрическими наблюдениями, которые предусматривали изучение температуры, влажности воздуха, скорости ветра на различных высотах над испаряющей поверхностью.

Температуру и влажность воздуха измеряли аспирационными психрометрами, установленными на высотах 2,0 и 0,5 м, скорость ветра — ручными чашечными анемометрами на этих же высотах. Наблюдения проводились в 1967 г. в 6, 9, 12, 15 и 18, а в 1968 г. в 6, 9, 12, 15, 18 и 24 час. местного среднесолнечного времени. Два раза в декаду делали круглосуточные наблюдения.

Для определения испарения с водной поверхности были использованы испарители ГИ-3000 в комплекте с дождемерами на плотках. Наблюдения производились 2 раза в сутки — в 6 и 18 час. Одновременно с измерением температуры воздуха в те же сроки замеряли температуру воды в испарителе на глубине 0,01 м и температуру воды в озере на глубине 0,1 и 0,4 м при помощи поплавкового и родникового термометров. Эпизодически замеряли температуру воды на разных глубинах с помощью электротермометра. Отсчеты делались с точностью до $0,1^{\circ}$. Рассмотрим метеорологический режим озера.

В табл. I приводятся среднедекадные температуры воздуха на высоте 2 м, зафиксированные нами в 1967 и 1968 гг. в открытой части озера на плавающей испарительной установке.

Как видно из табл. I, эти значения в 1968 г. были несколько выше, чем в 1967 г. Максимальные температуры воздуха отмечены в 1967 г. 22 августа — $41,2^{\circ}$, в 1968 г. 2 июля — $41,1^{\circ}$. Минимальная температура воздуха в 1967 г., равная $9,7^{\circ}$, была 12 октября в 6 час., в 1968 г. — 9 октября в то же время — $6,6^{\circ}$.

Абсолютная влажность воздуха в открытой части озера довольно значительная (табл. 2). Наибольшая из среднесуточных величин, равная 23,0 мб, замечена в 1968 г. в первой декаде июля. К октябрю при общем понижении температуры воздуха сильно снизилась абсолютная влажность воздуха.

Таблица 1

Де- ка- да	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
I	25,8	28,8	28,9	32,2	29,2	30,7	24,4	24,3	-	17,4
II	27,7	30,2	29,7	28,2	27,9	30,2	23,2	23,0	-	-
III	29,6	31,1	29,4	30,1	25,7	25,4	20,0	22,3	-	-
Ср. за ме- сяц	27,7	30,0	29,0	30,2	27,6	28,7	22,5	23,2	-	-

Таблица 2

Де- ка- да	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
I	-	15,6	15,6	18,6	18,5	16,5	14,4	12,3	-	8,2
II	-	17,0	16,9	15,2	15,6	16,9	13,7	11,5	-	-
III	15,8	16,9	17,1	15,6	14,6	11,0	13,0	11,6	-	-
Ср. за ме- сяц	-	16,5	16,5	16,5	16,2	14,8	13,7	11,8	-	-

Анализ направлений скоростей ветра показал, что за период наблюдений сухие воздушные массы часто проходили над водоемом и иссушали воздух над ним прежде попадания на метеорологическую площадку, в результате чего были зафиксированы значения абсолютной влажности воздуха на метеоплощадке выше, чем в открытой части озера.

Относительная влажность воздуха на Гуликовском озере за период наблюдений была высокой. Среднедекадные значения не опускались ниже 40%. Минимальные значения относительной влажности воздуха наблюдались обычно в дневные часы (15 час.). Абсолютный минимум относительной влажности воздуха равен 11 мб

при температуре воздуха $31,1^{\circ}$. Величины относительной влажности воздуха, полученные нами в 1967-1968 гг., представлены в табл.3.

Таблица 3

Де- када	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
I	-	41	44	40	49	42	52	44	-	46
II	-	41	46	42	43	44	51	44	-	-
III	41	40	48	41	50	37	58	47	-	-
Ср. за месяц	-	41	46	41	47	41	54	45	-	-

Из таблицы видно, что по мере общего понижения температуры воздуха к осени растет относительная влажность воздуха, очень заметно это было в 1967 г. Дефицит влажности воздуха в открытой части озера был значительным, в отдельные сроки наблюдений он превышал 50 мб. Максимальный дефицит влажности отмечен в первой декаде июля - $61,1$ мб. Минимальный отмечался в ночные и утренние сроки наблюдений.

Двухлетние наблюдения за микроклиматом показали, что в этом районе скорость ветра - $1-2$ м/сек; максимальная - $7,4$ м/сек.

Существует целый ряд методов для расчета испарения с водной поверхности - метод водного и теплового баланса, метод расчета испарения, основанный на изучении вертикального обмена в атмосфере, метод расчета при помощи различных гидрометеорологических формул и метод испарителей. Испарение с водной поверхности Гуликовского озера замеряли испарителем ГТИ-3000, установленным на свободно плавающем большом плоту в открытой части озера. Наблюдения проводились с апреля 1967 г. до конца 1968г. за исключением февраля, когда озеро было покрыто льдом.

Результаты наблюдений приведены в табл.4. Испарение в феврале и марте 1967 г. рассчитывалось по формуле Б.Д.Зайкова.

Таблица 4

Год	Месяцы												Сумма
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1967	-	31,4	62,5	104	159	205	221	196	145	86	43	22	1275
1968	20	-	56	94	149	206	207	218	144	108	50	27	1279

Между показаниями испарителей и истинной величиной испарения имеются расхождения, вызванные нарушением теплообмена, влиянием бортиков испарителя, смачиванием стенок и многими другими факторами.

В показания испарителя нами были введены редуцированные коэффициенты, вычисленные по формуле, предложенной В.И.Кузнецовым /6/

$$R_o = \gamma_o \frac{e_o - e_{200}}{e_o - e_{200}}$$

где γ_o - приборный коэффициент;
 e_o и e_o - максимальная упругость водяного пара при температуре поверхности воды, соответственно, в водоеме и испарителе;
 e_{200} - влажность воздуха на высоте 200 см над водной поверхностью.

В 1967 г. редуцированный коэффициент оказался равным 0,8, а в 1968 г. - 0,82.

Нами рассчитано испарение с поверхности Гуликовского озера по эмпирическим формулам, использованным в Средней Азии в разные годы. Результаты представлены в табл.5 и 6.

ТАБЛИЦА 5

Испарение с поверхности воды

Расчет по формуле	I	II	III	IV
$R_0 = 0,8$	-	-	-	104
Мейера-Полякова $E = R (15+3W)d$	-	24	55	118
Мейера-Тихомирова $E = (15+3W)d$	-	31	68	148
Полякова $E = 18,6 (1+0,2W)d^{2/3}$	-	33	56	95
Давыдова $E = 15(1+0,125W)d^{2/3}$	-	25	49	89
Мокляка $E = 30 d^{2/3}$	-	40	71	115
Скворцова $E = 9,75 d$	-	15	34	67
Иванова $E = 0,00144(25+t)^2 (100-\alpha)$	-	26	53	90
Давыдова $E = 24,5 d^{2/3}$	-	34	66	114
Зайкова $E = 0,2 n c (1+0,85 W_{100}) d^{2/3}$	-	31	62	122
Браславского и Викулиной $E = 0,13 n (e_0 - e_{200}) (1+0,72 W_{200})$	-	-	-	-
Проект Техн.Указаний $E = 0,14 n (e_0 - e_{200}) (1+0,72 W_{200})$	-	-	-	-
Зайкова $E = 0,15 n (e_0 - e_{200}) (1+0,72 W_{200})$	-	-	-	-

Таблица 5

оз. Гуликовского в 1967г.

У	UI	УП	УШ	IX	X	XI	XII	Сумма: за IY-XII	%	Сумма: за УП-IX	%
159	205	221	196	145	86	43	22	1181	100	562	100
157	274	312	241	154	74	37	15	1382	117	707	125
196	342	390	301	192	92	47	19	1727	146	883	157
112	162	177	146	108	66	41	22	929	79	431	77
112	176	232	159	112	62	36	18	996	84	503	89
148	217	235	206	154	92	62	32	1261	107	595	106
95	166	186	153	100	48	27	11	853	72	439	78
130	208	215	182	128	69	41	18	1081	92	525	93
152	237	309	222	158	88	55	27	1362	115	689	122
146	216	253	193	125	73	35	18	1181	100	571	101
-	-	232	211	142	-	-	-	-	-	585	104
-	-	250	227	152	-	-	-	-	-	629	112
-	-	215	192	130	-	-	-	-	-	537	96

Расчет по формуле	I	II	III	IV	V
Редукционный коэф. $R_0 = 0,82$	20	-	56	94	148
Мейера-Полякова $E = R(15+3W)d$	22	-	70	103	184
Мейера-Тихомирова $E = (15+3W)d$	28	-	88	129	230
Полякова $E = 18,6(1+0,2W)d^{2/3}$	30	-	61	87	131
Давыдова $E = 15(1+0,125W)d^{2/3}$	24	-	55	80	126
Мокляка $E = 30d^{2/3}$	40	-	80	107	154
Скворцова $E = 9,75d$	15	-	44	60	101
Иванова $E = 0,00144(25+t)^2(100-a)$	25	-	59	81	139
Давыдова $E = 24,5d^{2/3}$	34	-	75	104	159
Зайкова $E = 0,2nC(1+0,85W_{100})d^{2/3}$	29	-	69	107	183
Браславского и Викулиной $E = 0,13nC(e_0 - e_{200})(1+0,72W_{200})$	-	-	-	-	-
Проект Техн.Указаний $E = 0,14n(e_0 - e_{200})(1+0,72W_{200})$	-	-	-	-	-
Зайкова $E = 0,15n(e_0 - e_{100})(1+0,72W_{200})$	-	-	-	-	-

UI	UPI	UIII	UIX	UX	UXI	UXII	Сумма за год	%	Сумма за UI-IX	%
206	207	218	144	108	50	27	1278	100	775	100
302	278	239	146	98	40	14	1496	117	965	124
378	347	299	182	122	50	18	1871	146	1206	155
177	163	147	106	82	44	23	1051	82	593	76
232	177	158	108	77	38	17	1092	85	685	88
231	224	207	149	107	60	29	1388	108	811	104
181	173	154	96	60	26	10	920	72	604	78
228	200	178	120	82	40	17	1169	91	726	94
308	244	222	153	104	54	24	1481	116	927	119
238	217	185	120	99	42	20	1309	102	760	98
228	268	257	162	-	-	-	-	-	915	118
246	286	277	172	-	-	-	-	-	981	126
206	226	213	154	-	-	-	-	-	799	103

Как видим, большинство формул дают заметные расхождения с данными натурных наблюдений. Наиболее хорошая сходимость с формулой Б.Д.Зайкова. В рассматриваемом районе формула В.И.Мокляка примерно на 10% завышает, а формула Н.Н.Иванова на 10% занижает величину испарения.

Для оценки влияния мутности воды в реке на испарение с ее поверхности на р.Вахш организована испарительная установка, оборудованная двумя испарителями ГТИ-3000 с мутной и осветленной водой. Порядок работ был такой же, как и на большом плоту. Результаты наблюдений за 1967 г. приведены в табл.7.

Таблица 7

Испаритель	Август	Сентябрь	Октябрь
С мутной водой	140	115	107
С осветленной водой	125	116	105

Данные показывают, что мутность воды в реке не оказывает заметного влияния на интенсивность испарения. В августе мутность увеличила испарение всего на 12%. Наблюдения дают возможность увидеть, что температура воды в испарителе с мутной водой в августе была несколько выше.

Из вышеизложенного следует:

1) величина испарения с водной поверхности оз.Гуликовского равна 1279 мм;

2) формула Б.Д.Зайкова вполне применима для расчетов испарения с водной поверхности в низовьях р.Вахш;

3) на величину испарения с поверхности реки не оказывает существенного влияния степень ее прозрачности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краславский А.П., Викулина З.А. Нормы испарения с поверхности водохранилищ. Л., Гидрометеиздат, 1954.
2. Давыдов В.К. Испарение с поверхности озера Севан, Материалы по исследованию оз. Севан и его бассейна, ч.П, вып.2, Л., 1935.
3. Давыдов В.К. Испарение с водной поверхности и потери на испарение с больших водохранилищ, Тр.ГГИ, вып.3/57/, Л., 1948.
4. Зайков Б.Д. Испарение с водной поверхности прудов и малых водохранилищ на территории СССР, Тр.ГГИ, вып.21/75/, Л., 1949.
5. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара, "Изв.АН СССР", серия географ. и геофиз., № 3, 1941.
6. Кузнецов В.И. Расчеты испарения с поверхности открытых и зарастающих водоемов на основе данных экспериментальных исследований, Материалы Междуведомственного Совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы, Тр.ГГИ, Валдай, 1964.
7. Милькис Б.Е., Зайцев А.С. Сравнительная оценка гидрометеорологического метода расчета испарения с водной поверхности в условиях Средней Азии, Тр.САНИИРИ, вып.3, Ташкент, 1966.
8. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты, Л., Гидрометеиздат, 1946.
9. Поляков Б.В. О расчете внутригодового распределения испарения с бассейнов, ж."Метеорология и гидрология", 1940, № 12.

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ
С ТРОСТНИКОВЫХ ЗАРОСЛЕЙ

при проектировании водохранилищ и каналов для водобалансовых расчетов необходимо оценить величину потерь воды на испарение, в том числе суммарное испарение с зарослей дикой влаголюбивой растительности.

С этой целью в 1967-1968 гг. проводились полевые исследования в низовьях р. Вах на территории заповедника "Тигровая балка". Для определения испарения с тростниковых зарослей на Гуликовском озере, являющемся старицей р. Вах, организована испарительная установка, представляющая собой прямоугольный плот, установленный среди зарослей тростника. На нем были размещены три цилиндрических баке-испарителя диаметром 1 м и высотой 1,5 м; в один бак высажен тростник, в другой - рогаз, а третий - заполнен чистой водой. Температура и влажность воздуха измерялись при помощи аспирационных психрометров; скорость ветра - ручными чашечными анемометрами; температура воды - поплавковым и рудниковым термометрами. Температура воды и воздуха, влажность воздуха и скорость ветра замерялись через каждые 3 часа. Наблюдения по испарителям проводились два раза в сутки - в 6 и 18 часов местного среднесолнечного времени. Максимальная температура воздуха в тростниковых зарослях (за вегетационный период 1967-1968 гг.) в 1967 г. составляла 41,8°, в 1968 г. была ниже - 39,9°. Но в среднем температура каждого месяца была выше, чем в 1967 г.: в июне на 1,5°, в августе на 1,6°, в сентябре на 1,9° (табл. I).

Из табл. I видно, что среднедекадные температуры воздуха были высокими, это способствовало увеличению испарения с зарослей дикой влаголюбивой растительности.

Таблица 1

Де- ка- да	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
I	-	27,8	27,7	31,4	28,2	30,0	22,7	23,7	-	16,6
II	-	28,8	28,5	28,2	26,9	29,6	21,2	22,2	-	-
III	28,6	30,3	28,2	29,4	24,6	24,9	18,1	21,6	-	-
Ср. за ме- сяц	-	29,0	28,2	29,7	26,6	28,2	20,6	22,5	-	-

Абсолютная влажность воздуха изменялась в широких пределах. Максимальные значения наблюдались в 15 час. В 1967 г. нами отмечена наибольшая абсолютная влажность воздуха - 35,8 мб; в 1968 г. - 27,4 мб. Минимальная абсолютная влажность воздуха в 1967 - 6,3 мб, а в 1968 г. - 4,2 мб. Эти значения зафиксированы в осенний период наблюдений (табл.2).

Таблица 2

Де- ка- да	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
I	-	14,9	18,3	17,2	19,3	16,3	14,5	11,8	-	7,5
II	-	13,3	19,8	15,8	17,0	16,7	12,6	10,8	-	-
III	20,1	16,2	20,2	15,7	15,1	11,1	11,5	11,3	-	-
Ср. за ме- сяц	-	14,8	19,4	16,2	17,1	14,7	12,9	11,3	-	-

Относительная влажность воздуха за период наблюдений была весьма высокой в утренние и ночные часы. Максимум обычно наблюдался в 6 час. В 1967 г. он равнялся 97%, а в 1968 г. - 93%. Минимальные значения отмечались в 15 час. В период наблюдений почти ежедневно выпадала роса. Среднедекадная относительная влажность воздуха приведена в табл.3.

Таблица 3

Дека- да	: Июнь :		: Июль :		: Август :		: Сентябрь :		: Октябрь :	
	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :
I	-	40	52	39	53	43	54	45	-	45
II	-	35	52	45	51	45	53	45	-	-
III	52	39	35	43	52	39	58	46	-	-
Ср. за месяц	-	38	53	42	52	42	55	45	-	-

Дефициты влажности воздуха как в 1967, так и в 1968 г. были очень высокие. Максимальный дефицит влажности воздуха в течение суток наблюдался в 15 час. В 1967 г. максимальное значение его равнялось 59,9 мб, в 1968 г. - 61,4 мб; минимальные значения зафиксированы в утренние часы. Абсолютный минимум (0,7 мб) дефицита влажности в зарослях отмечен 14 октября в 6 час. (табл.4).

Таблица 4

Де- ка- да	: Июнь :		: Июль :		: Август :		: Сентябрь :		: Октябрь :	
	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :	: 1967 :	: 1968 :
I	-	24,0	20,9	30,4	20,3	28,7	15,2	19,4	-	12,9
II	-	27	21,1	23,2	20,3	27,0	14,4	18,0	-	-
III	21,3	-	20,0	28,2	16,7	22,0	11,0	16,4	-	-
Ср. за месяц			20,7	27,3	19,1	25,9	13,5	17,9	-	-

В исследуемом районе скорость ветра незначительна, так, максимальная скорость на высоте 3 м в зарослях тростника равна 4,8 м/сек. Температура поверхности воды в зарослях часто превышала 30°C.

Повышенная температура воды и воздуха, высокий дефицит влажности воздуха способствовали увеличению суммарного

испарения с зарослей дикой влаголюбивой растительности. Величины испарения в период полевых исследований в 1967, 1968 гг. приводятся соответственно в табл.5 и 6.

Таблица 5

Дека- да	Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	тростн	рогоз	тростн	рогоз	тростн	рогоз	тростн	рогоз
I	-	-	95,4	91,3	99,9	127,3	67,4	-
II	-	-	99,8	96,2	97,0	133,7	66,0	-
III	95,7	77,3	102,8	113,4	102,0	112,8	46,8	-
Ср. за месяц	-	-	298,0	300,9	298,9	373,8	180,2	-

Таблица 6

Де- ка- да	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	трост- ник	рогоз	трост- ник	рогоз	трост- ник	рогоз	трост- ник	рогоз	трост- ник	рогоз
I	129,5	136,1	190,2	216,6	238,7	274,9	178,9	207,2	132,7	131,7
II	157,6	181,2	190,3	225,0	225,9	283,2	176,0	203,1	-	-
III	182,4	206,3	243,1	289,0	228,0	285,4	155,3	155,4	-	-
Ср. за месяц	469,5	523,6	623,6	730,6	692,6	843,5	510,2	565,7	-	-

Из табл.5 и 6 видно, что суммарное испарение с рогоза гораздо выше, чем испарение с тростника. Это объясняется большей площадью листа рогоза по сравнению с площадью листа тростника, что отражается на величине испарения.

Нами вычислены коэффициенты перехода, при помощи которых легко определить испарение с зарослей дикой влаголюбивой растительности, если известна величина испарения с водной поверхности (табл.7).

Таблица 7

Месяц	1967 г.		1968 г.	
	$K_1 = \frac{E_{\text{тростн}}}{E_{\text{водн}}}$	$K_2 = \frac{E_{\text{попоз}}}{E_{\text{водн}}}$	$K_1 = \frac{E_{\text{тростн}}}{E_{\text{водн}}}$	$K_2 = \frac{E_{\text{попоз}}}{E_{\text{водн}}}$
У I	-	-	2,3	2,5
У II	1,4	1,4	3,0	3,5
У III	1,5	1,9	3,2	3,8
IX	1,2		3,5	3,9
Ср. за месяц	1,4		3,0	3,4

Из табл. 7 видно, что коэффициенты для 1967 г. резко отличаются от коэффициентов перехода 1968 г.

В 1967 г. тростник был высажен в испаритель и успел пройти только одну фазу развития, с наступлением весны он хорошо пошел в рост, ничем не отличаясь от тростника, растущего в естественных условиях. В 1968 г. у тростника наблюдались все фазы развития вплоть до созревания и разбрасывания семян. Этим и можно объяснить различие коэффициентов перехода.

Для практических целей сделана попытка получить формулу расчета суммарного испарения с зарослей тростника. Нами выведены две формулы:

$$E = \frac{d^{1,9}}{28,2}, \quad (I)$$

где E — среднедекадное суммарное испарение с зарослей тростника, мм;

d — среднедекадный дефицит влажности воздуха, мб.

По этой формуле можно рассчитать суммарное испарение для первой фазы развития тростника. Величина суммарного испарения для всех остальных фаз развития — выход в трубку, колошение, цветение, молочная и восковая спелость, разбра-

сывание семян — хорошо рассчитывается по уравнению

$$E = 3,55 d^{0,605} \quad (2)$$

Используя расчетные зависимости (1) и (2), определено суммарное испарение за апрель, май и октябрь 1968 г. и получены соответствующие коэффициенты перехода для всего вегетационного периода (табл.8).

Таблица 8

Месяц	$\vdots E$	тростн. $\vdots$	$E_{\text{вода}}$ 1968 $\vdots$	$K = \frac{E_{\text{тростн.}}}{E_{\text{вода}}}$
IV		61	94	0,6
V		155	148	1,0
VI		469	206	2,3
VI		624	207	3,0
VII		693	218	3,2
IX		510	145	3,5
X		168	108	1,6
Сумма за сезон		2680	1126	15,2 2,38

Результаты полевых исследований испарения показали, что

1) расчетная формула суммарного испарения имеет вид

$$E = a x^n ;$$

2) коэффициент перехода от испарения с водной поверхности к испарению с зарослей тростника в среднем за весь период вегетации равен 2,2; $2,38 = 2680 : 1126$

3) суммарное испарение с зарослей за вегетационный период — 2680 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельбух Т.М. Испарение с зарослей тростника в водоемах, Тр.ГГИ, вып.92, Л., Гидрометеиздат, 1964.
2. Кузнецов В.Л. Влияние водной растительности на испарение, Тр.ГГИ, вып.46 (100), Л., Гидрометеиздат, 1954.
3. Сапаров Б., Минаева Е.Н. Испарение с тростниковых зарослей на Келифских озерах, ж.Хлопководство, 1965, № II.
4. Форш Л.Ф. Испарение и транспирация в дельте Амударьи, Тр.лаборатории озероведения АН СССР, т.IV, 1957.
5. Чолпанкулов Э.Д. Некоторые результаты полевых исследований испарения с дикой влаголюбивой растительности в низовьях р.Вахш в 1967 г., Тр.САНИИРИ, вып.120, 1969.

СПОСОБ УЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДОЖДЕЙ
ПРИ РАСЧЕТАХ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

В предыдущей нашей статье^I рассмотрены недостатки существующих формул и дана теоретическая схема расчета пространственной неравномерности дождей. Основные положения принятой расчетной схемы сводятся к следующему. Суточный слой осадков на данную площадь F_i рассматривается как случайная величина, среднее значение которой (норма суточных осадков) не зависит от площади, в то время как изменчивость зависит.

Для того, чтобы привести сильное асимметричное распределение величины H к нормальному, использован вариант логарифмически нормального преобразования суточного слоя осадков, предложенный Ю. Б. Виноградовым [2]:

$$X = (H + 1)^{n_{\alpha}} \lg H, \quad (I)$$

где H -- суточный слой осадков;

n_{α} -- параметр асимметрии, равный 0,30.

В условиях горного рельефа для выявления влияния площади на изменчивость преобразованного таким образом слоя осадков необходимо анализировать величины:

$$\alpha = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X},$$

так как $\bar{X}$ и σ_X существенно зависят от высоты и других характеристик рельефа. Выражение (2) общепринятое в статистике нормирования распределения. Распределение α , также как и X , подчиняется нормальному закону с параметрами $\alpha = 0$, $\sigma_{\alpha F} = 1$; для площади F_i -- $\alpha_F = 0$, $\sigma_{\alpha F} = f(F)$. Зависимость уменьшения стандарта преобра-

^I Схема расчета пространственной неравномерности дождей, "Изв. АН УзССР", сер. техн. наук, 1966, № 2.

зованного слоя осадков при увеличении площади определяется по формуле:

$$C_{\alpha F} = \frac{1}{(F + 1)^n} \quad (3)$$

Значение $C_{\alpha F}$, равное 1, при F , равном 0, соответствует максимальной изменчивости суточных осадков в точке. С ростом площади, вследствие убывания коррелятивной связи колебаний осадков, $C_{\alpha F}$ убывает.

Строгое определение параметра n в формуле (3) возможно при достаточно репрезентативной выборке из генеральной совокупности суточных сумм осадков, в которой представлены (в соответствующей пропорции) все градации слоя осадков. Однако в этом случае при подсчетах дисперсий использовались бы значения малых слоев осадков, которым присущи особенно большие ошибки в измерениях. Определение дисперсий преобразованных величин слоя осадков для разных площадей возможно и по усеченному распределению, если известен полный объем выборки и определены точки усечения (соответствующие рекомендации имеются в работе /8/). Существующие материалы ливнемерной сети не дают возможности применить эти способы из-за технических дефектов работы ливнемерных кустов.

Вследствие сложности обслуживания приборов, их порчи и поломок приходится браковать данные по многим дождям, даже большого слоя. Дожди же малого слоя часто суммируются за несколько случаев выпадения осадков. Поэтому определить параметр n можно лишь приближенно.

Основными материалами для выявления зависимости (3) послужили данные наблюдений на Алмаатинском ливнемерном "кусте" за 1960–1963 гг.^I. На территории "куста" выделена площадь $F = 75\text{--}80 \text{ км}^2$, на которой расположены 60–70 осадкомеров и плювиографов. Кроме того, были использованы нами собственные наблюдения, проведенные в 1964 г. в бассейне р.Хаджаата на площади 26 км^2 (14 плювиографов). Полученные

^I Материалы представили А.Ф.Литовченко и В.П.Мочалов.

результаты пересчитаны согласно преобразованию (I), а затем нормированы по выборочным $\bar{X}$ и σ_x . Изменения $\bar{X}$ и σ_x от точки к точке мы относим полностью за счет рельефа, и тем самым получаем нижний предел влияния площади на изменчивость суточного слоя осадков. Такой осторожный подход оправдан сложностью и слабой изученностью влияния различных характеристик рельефа на осадки и стремлением не преувеличить влияние площади. Для расчетов $\sigma_{\alpha F}$ принято 98 дождей по "кусту" Медео ($H \geq 8-12$ мм) и 24 дождя по данным наблюдений в бассейне р. Хаджаата ($H > 9,0$ мм). Основная расчетная зависимость $\sigma_{\alpha F} = f(F)$ (рис. 1а) хорошо описывается следующим уравнением:

$$\sigma_{\alpha F} = \frac{1}{(F+1)} 0,043 \quad (4)$$

Коэффициент корреляции величин $\lg \sigma_{\alpha F}$ и $\lg F$ равен 0,86. Это относительно низкое значение связано с тем, что при расчетах не было сделано разделение осадков на ливневые и обложные, которое может быть выполнено на основе анализа процессов развития облачности. Для такого анализа мы не располагаем необходимым материалом.

С помощью зависимости (4) и таблиц функции Лапласа нетрудно рассчитать слой осадков заданной обеспеченности $p(H)$. Определив для площади (F) $\sigma_{\alpha F}$, найдем

$$\alpha_{p\%} = \bar{\alpha}_F + K_{p\%} \cdot \sigma_{\alpha F} \quad (5)$$

Учитывая, что $\bar{\alpha}_i = \bar{\alpha}_F = 0$, и, подставив в (5) значение α из (2), получим:

$$\frac{X_{p\%} - \bar{X}}{\sigma_x} = K_{p\%} \cdot \sigma_{\alpha F}, \quad \text{откуда} \quad (6)$$

$$X_{p\%} = \bar{X} + K_{p\%} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_{\alpha F},$$

где $K_{p\%}$ - квантиль нормального распределения, отвечающий уровню обеспеченности $p\%$.

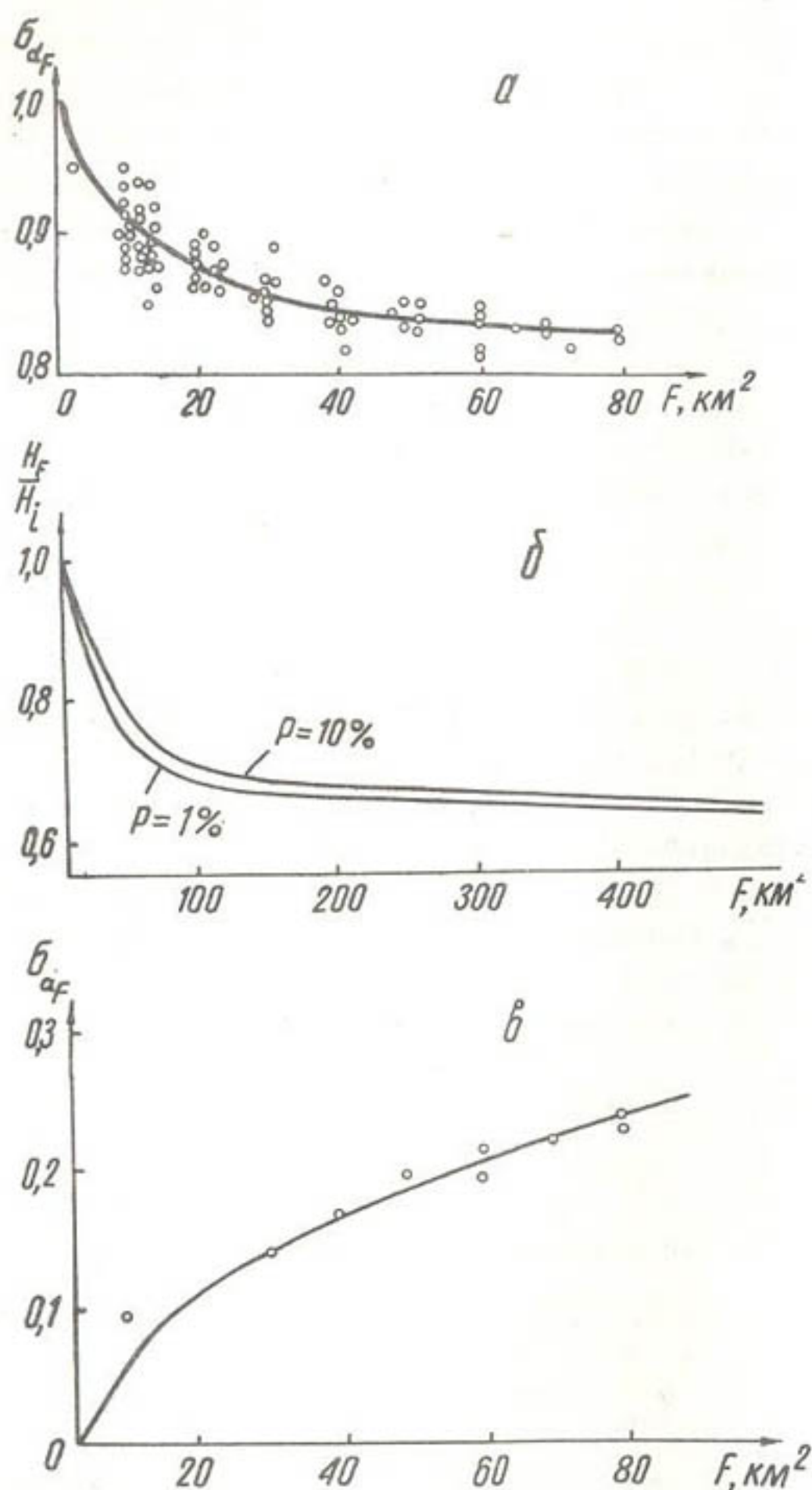


Рис. I. Зависимость стандарта нормированных отклонений суточного слоя осадков (а), коэффициента неравномерности суточного слоя осадков (б) (для обеспеченностей $P=1\%$ и $P=10\%$) и стандарта отклонений σ_{aF} (в) от площади.

При помощи соотношения (1) или таблиц, представленных в работе /2/, определяется $n_p\%$. Для перехода от обеспеченности среди совокупности дождей $p(n)$ к годовой повторяемости $P(n)$ можно воспользоваться формулами Г.А.Алексеева /1/ или Ю.Б.Виноградова /3/, дающими очень близкие между собой значения в области малых обеспеченностей. Формулы эти имеют вид:

$$P(n) = 1 - e^{-\bar{m}_p(n)} ; \quad (7)$$

$$P(n) = 1 - [1 - p(n)]^{\bar{m}} , \quad (8)$$

где $\bar{m}$ — среднее число дождевых дней в году. Для облегчения практического расчета составили график (рис.1б) отношения равнообеспеченных осадков на площади и в точке для $P(n) = 1\%$ и $P(n) = 10\%$. Суточный слой осадков заданной обеспеченности в точке рассчитывался по методике Ю.Б.Виноградова /2/. Значения $P = 1$ и 10% выбраны из тех соображений, что в диапазоне этих обеспеченностей обычно проводится расчет Q_{max} дождевых паводков на малых водотоках (сооружения П-У классов). Как видно из графика, влияние площади на уменьшение расчетного слоя осадков весьма существенно. Учет этого влияния при массовых расчетах приведет к обоснованному снижению расчетных максимальных расходов и тем самым к уменьшению стоимости соответствующих гидротехнических сооружений. Сравнение полученных результатов с результатами других авторов приведено в таблице. Изменчивость осадков в пределах горной территории больше, чем на равнине. Данные А.Ф.Литовченко несколько преувеличивают влияние площади на расчетный слой осадков вследствие недоучета их вертикальной зональности. По рекомендации А.Х.Херхеулидзе получаются резко завышенные значения коэффициента неравномерности.

Для более полного описания пространственной неравномерности слоя дождя вводится понятие кривой обеспеченности слоя осадков по площади. Для анализа выбрано 20 дож-

дей с $H \geq 20$ мм по "кусту" Медео. Для каждого пункта подсчитаны $C_i = \frac{H_i}{\bar{H}}$, где $\bar{H}$ - выборочный средний слой осадков (для уменьшения влияния рельефа). Как показала проверка критерием $n\omega^2$ /5/, распределение $\alpha = \frac{C_i}{\bar{C}_F}$, где $\bar{C}_F$ - средний нормированный слой осадков на площадь F , подчиняется нормальному закону с параметрами $\bar{\alpha}_F = 1$, $\sigma_{\alpha F} = f(F)$. Эта зависимость, построенная по осредненным данным для 20 дождей (рис.1в), хорошо описывается эмпирическим уравнением

$$\sigma_{\alpha F} = 0,026 \sqrt{F} \quad (9)$$

Коэффициент корреляции величин $\lg \sigma_{\alpha F}$ и $\lg F$ равен 0,78. Относительно низкое значение коэффициента обусловлено малочисленностью выборки (20 дождей) и использованием для построения зависимости (9) данных по ливневым и обложным осадкам. Распределение осадков для различных площадей рассчитано по зависимости (3) и таблицам функции Лапласа (рис.2).

Таблица

Значения коэффициентов неравномерности осадков
по различным методам ($K_F = \frac{H_F}{H_i}$ I)

$F, \text{км}^2$	З.П.Петровой ВНИГЛ	Вел. Анадоль	А.Ф.Литов- ченко	Автора	А.Х.Херхе- улидзе
20	0,99	0,96	0,80	0,90	1,00
25	0,98	0,91	0,76	0,82	0,98
50	0,96	0,88	0,73	0,75	0,97
100	0,93	0,86	0,60	0,69	0,96
150	0,90	0,85	0,54	0,67	0,96
300	0,87	0,82	0,50	0,65	0,95
500	0,85	0,81	0,40	0,63	0,94

I Но принято равным 100 мм.

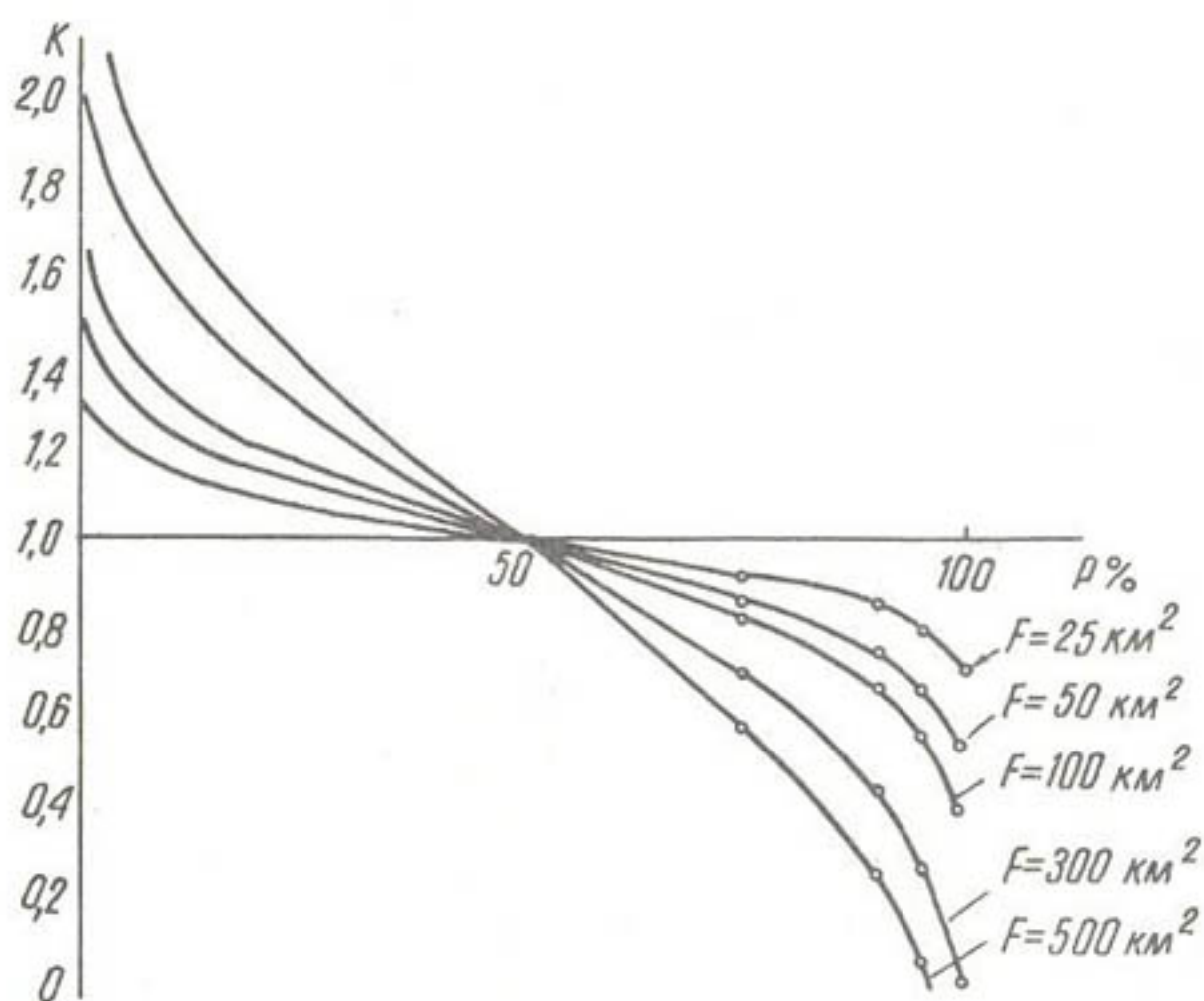


Рис.2. Кривые обеспеченности суточного слоя осадков по площади.

почвы /I/. К тому же снег на склонах северных экспозиций, вследствие уменьшенного прихода радиации и более густой растительности, тает медленнее, чем на южных, что создает благоприятные условия для впитывания воды почвой. Подтверждается сказанное стремлением более влаголюбивой растительности селиться на северных склонах, в то время как менее влаголюбивая растительность распространяется на склонах южных экспозиций.

Данные Ю.Г.Булулукова, противоречащие этому, выражены в процентах от веса абсолютно сухой почвы, в связи с этим сравнение величин влажности не только разных участков почвы, но и разных горизонтов одного и того же участка приводит к грубым погрешностям /4/.

Соотношение влажности почвы, залегающей на склонах различных экспозиций, не постоянно в течение года. В период накопления влаги после обильных дождей или интенсивного снеготаяния влажность почвы на всех экспозициях будет одинаковой, поскольку имеет один и тот же предел, при условии равенства водоудерживающей способности. То же имеет место и в конце засушливого периода, хотя в этом случае полное равенство влажности представляет собой довольно редкое явление /6/. Таким образом, для выявления влияния экспозиции может быть использована влажность почвы осредненная за тот интервал времени, в который входят периоды накопления и расхода почвенной влаги. Такие данные для некоторых почв бассейна р.Паркентсай, расположенных в тех же условиях, что и почвы Сукокская, помещены в таблице.

Эти данные получены в результате измерения влажности почв нейтронным методом в постоянных скважинах, что позволяет исключить погрешности, связанные с вариацией влажности по площади и дает возможность оперировать со сравнимыми величинами, выраженными в процентах от объема почвы или в миллиметрах слоя воды. Большая частота измерений (1 раз в 5 дней) обеспечивала сравнительно точный учет изменения влажности во времени.

Крутизна склонов колебалась от 25 до 29°, а все скважины для наблюдений за влажностью почвы располагались в средней части склонов.

Влияние экспозиции на осредненную за большой период влажность почвы проявляется по-разному, в зависимости от глубины. Наименее подвержена влиянию влажность первого полуметрового слоя почвы, который лучше увлажняется и быстрее расходует влагу, в результате чего значительный период содержание влаги в почве не зависит от экспозиции. Средние величины влагозапасов, очевидно, не являются достаточно удобной характеристикой для выявления влияния экспозиции склона, причем сказанное относится в большей степени к верхним, чем к более глубоким горизонтам почвы, где это влияние проявляется отчетливей. Значительно более удобным представляется графическое сравнение послойных влагозапасов почвы, залегающей на склонах различных экспозиций (рис. I, 2), с использованием всех результатов измерений влажности. Приведенные графики, имеющие главным образом качественное значение, позволяют оценить влажность почвы на склоне данной экспозиции по ее измерениям в другой точке. Анализ материалов наблюдений А.К. Филипповой /7/, относящихся к годам с различными гидротермическими условиями, дает возможность предполагать, что графики, построенные по материалам наблюдений 1965 г., будут справедливы и для других лет, но предположение это нуждается в проверке.

Приведенные данные показывают большее увлажнение северных склонов по сравнению с южными, причем эта закономерность сохраняется до глубины 2,5 м. Например, запас влаги 0-250 см слоя коричневой почвы, залегающей на северном склоне, в среднем на 21% превышает соответствующий запас склона южной экспозиции, причем отклонение может достигать 35%.

Для темного серозема эти величины составляют соответственно 21 и 45%. Максимальные отклонения имеют место в июне-июле, когда замедляется вегетация растительности и уменьшается расход влаги на десукцию, в значительной сте-

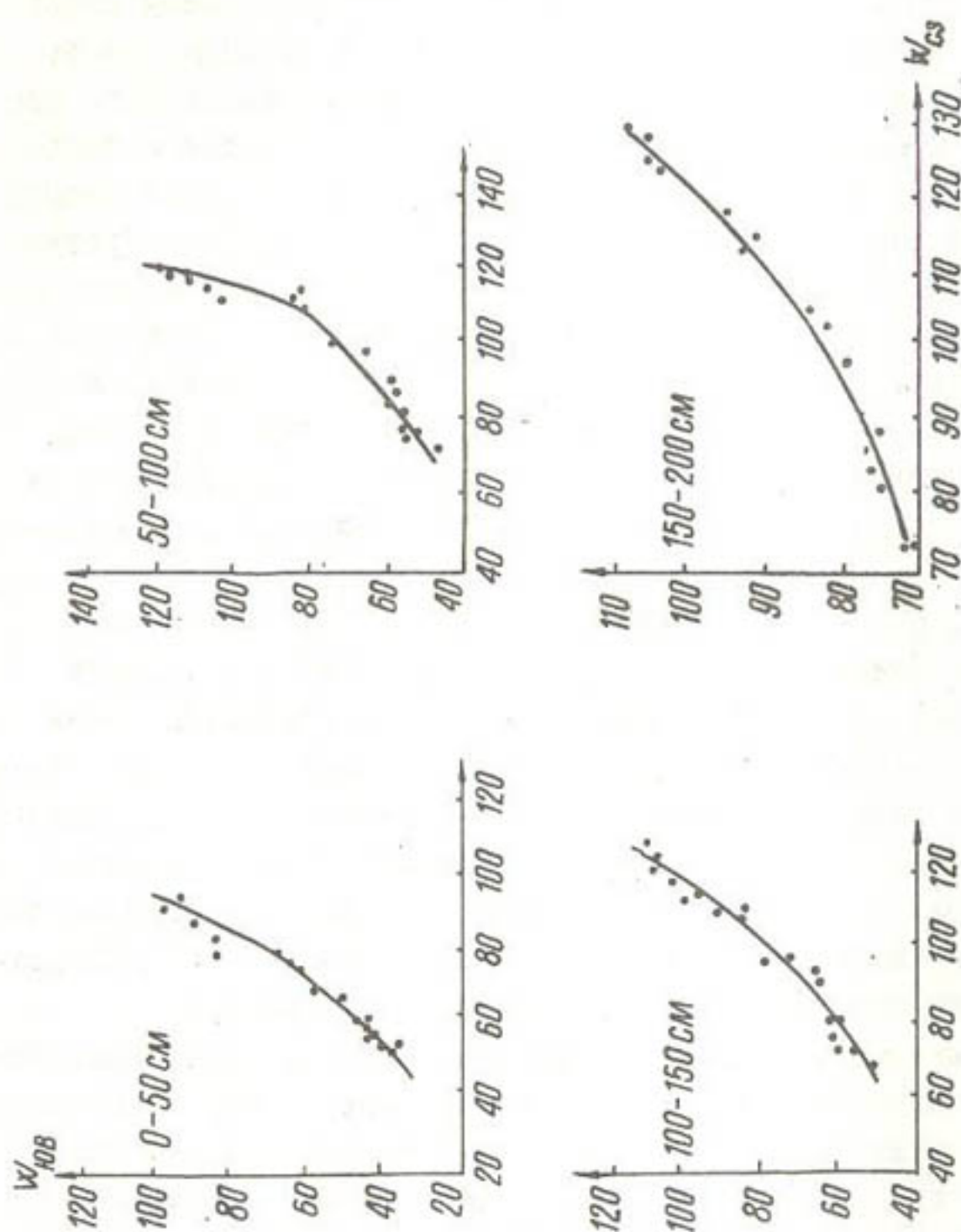


Рис. 1. Сравнение влажности темного серозема, залегающего на склонах юго-восточной и северо-западной экспозиции.

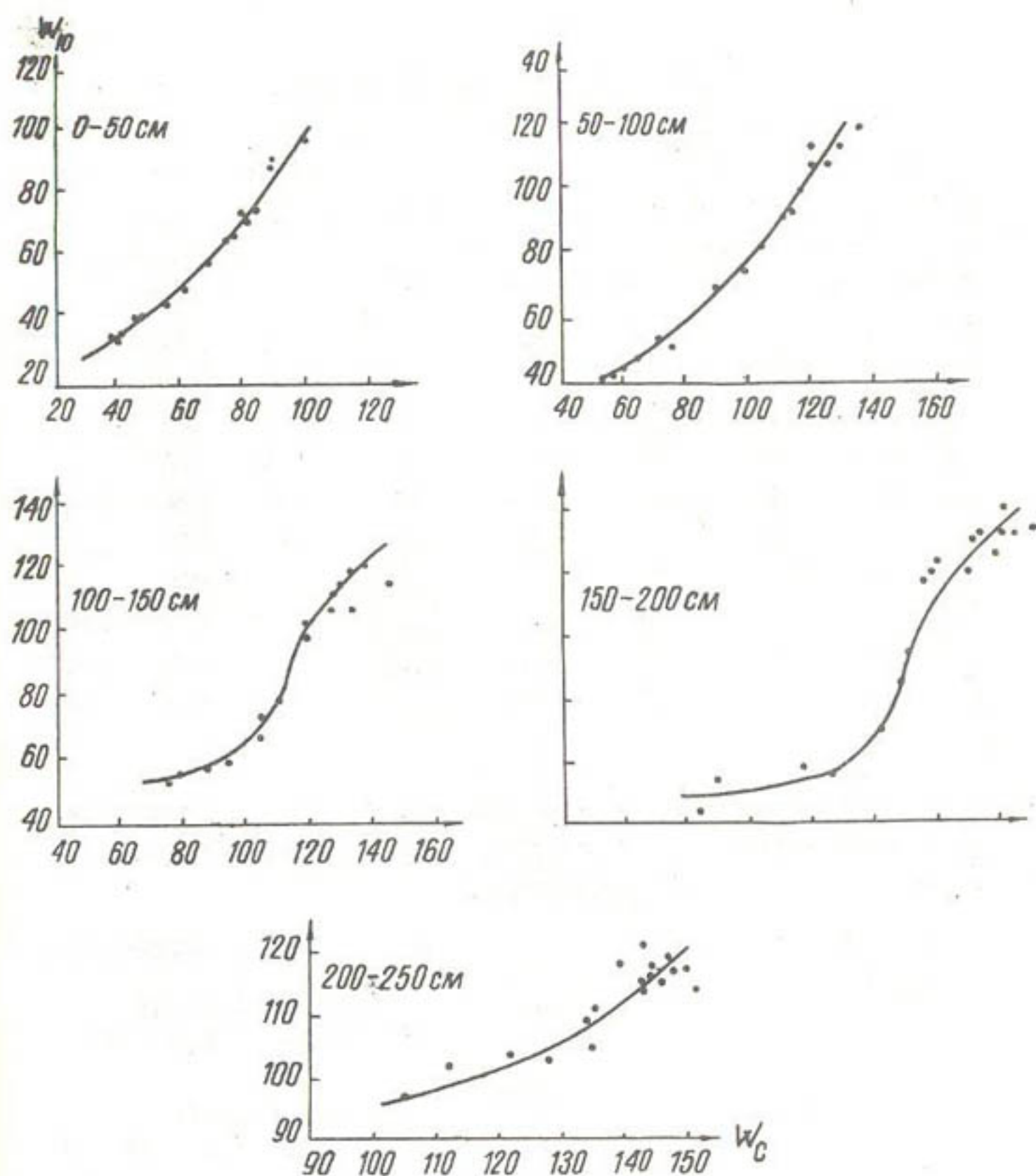


Рис. 2. Сравнение влажности коричневой типичной почвы, залегающей на склонах северной и южной экспозиций.

пени скрадывающий влияние экспозиции в период интенсивной вегетации растительного покрова.

Таблица

Средняя влажность почвы (мм) в зависимости от экспозиции склона (20.IV-30.IX 1965 г.)

Экс: по-: зи- ция:	Запас влаги в слое почвы, см							
	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	0-100	0-200	0-250
СЗ	71	100	99	104	-	171	374	-
ЮВ	62	79	81	88	-	141	310	-
З	71	101	109	-	-	172	-	-
В	65	94	95	91	-	164	350	-
СЗ	60	87	110	117	119	147	374	493
С	65	96	116	127	137	164	407	544
СВ	66	96	101	92	92	162	355	447
Ю	59	79	94	101	112	138	333	445
В	60	84	99	106	105	144	349	454
ЮВ	64	81	89	88	84	145	322	406

Полученную закономерность послойного распределения почвенной влажности в зависимости от экспозиции склона можно выразить следующими данными.

Слой почвы, см

0-50

Ход влаги по экспозициям

СЗ, З > В > ЮВ

СВ > С, ЮВ > СЗ, В > Ю

50-100

СЗ, З Ю ЮВ

С, СВ > СЗ > В > ЮВ > Ю

100-150	$\frac{З \quad СЗ \quad В \quad ЮВ}{С > СЗ > СВ > В > Ю > ЮВ}$
150-200	$\frac{СЗ \quad В \quad ЮВ}{С > СЗ > Ю > СВ > ЮВ}$
200-250	$С > СЗ > Ю > В > СВ > ЮВ$
0-100	$\frac{СЗ, С > В > ЮВ}{С, СВ > СЗ, ЮВ > В > Ю}$
0-200	$\frac{СЗ \quad В \quad ЮВ}{С > СЗ > СВ > В > Ю > ЮВ}$
0-250	$С > СЗ > В > СВ, Ю > ЮВ$

Примечание. Числитель – темный серозем, знаменатель – коричневая типичная почва.

Как видно, северные склоны во всех случаях занимают первое место в убывающем ряду влажности, а южные – последнее. Промежуточное положение соответствует склонам западной и восточной экспозиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова М.М. О передвижении парообразной влаги в почве, Почвоведение, 1963, № 10.
2. Булулуков Ю.Г. Режим влажности почво-грунтов в горах и его значение, Сб. "Борьба с горной эрозией почв и селевыми потоками в СССР", Ташкент, Изд-во МСХ УзССР, 1961.
3. Мосолов В.П. Рельеф местности и вопросы земледелия, М., Сельхозгиз, 1949.
4. Роде А.А. Методы изучения водного режима почв, М., Изд-во АН СССР, 1960.
5. Тайчинов С.Н., Файзуллин М.М. Динамика влажности почвы по элементам рельефа, Почвоведение, 1958, № 10.

6. Федосеев А.П. Влажность почвы в связи с рельефом местности, Тр.КазНИГМИ, вып.13, Гидрометеиздат, 1959.
7. Филиппова А.К. Водный режим почв Сальских степей, Тр.ГГИ, вып.57, Гидрометеиздат, 1956.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г.ГУЛИСТАНА

Город Гулистан—административно—культурный и промышленный центр района. Здесь расположены все областные административные, хозяйственные, культурные учреждения, промышленные предприятия. Важнейший показатель степени благоустройства города — его водообеспеченность. Город снабжается водой из четырех скважин, пробуренных на глубину 280—300 м, с установившимся уровнем 4 м от поверхности земли и удельными дебитами 0,66, 0,76, 1,2, 1,8 л/сек·м. Суточная производительность водозабора составляет 3800 м³. И все-таки потребности города в воде удовлетворяются не полностью. В случае же выхода из строя даже самой малодебитной скважины недостаток воды резко возрастет.

К 1970 г. повысятся объем промышленной продукции и численность населения. С ростом благоустройства города нормы водопотребления увеличатся в среднем на 30%, что составит до 8000 м³/сутки.

Если предположить, что дебит проектируемых скважин не отличается от существующих, т.е. составляет в среднем 1020 м³/сутки из каждой скважины, то для полного удовлетворения потребности города в воде необходимо пробурить дополнительно семь скважин (в том числе две резервные).

Оборудование для скважин, намеченных к бурению, можно выбрать графо—аналитическим методом (рис.1). Для сравнения берутся насосы, производительность которых соответствует дебиту скважины (в данном случае — насосы АТН-8-1-7, АТН-8-1-22 и АТН-10-1-4). В координатах $H - Q$ по данным каталога "Насосы" построены напорные характеристики этих насосов (кривые $H = f(Q)$), по удельному дебиту скважины $q_v = 1,11$ л/сек·м — характеристика скважины (прямая $q_v = f(S)$) и характеристики насосов с учетом потерь напора в водоподъемных трубах $H = f(Q) - h_{tr}$.

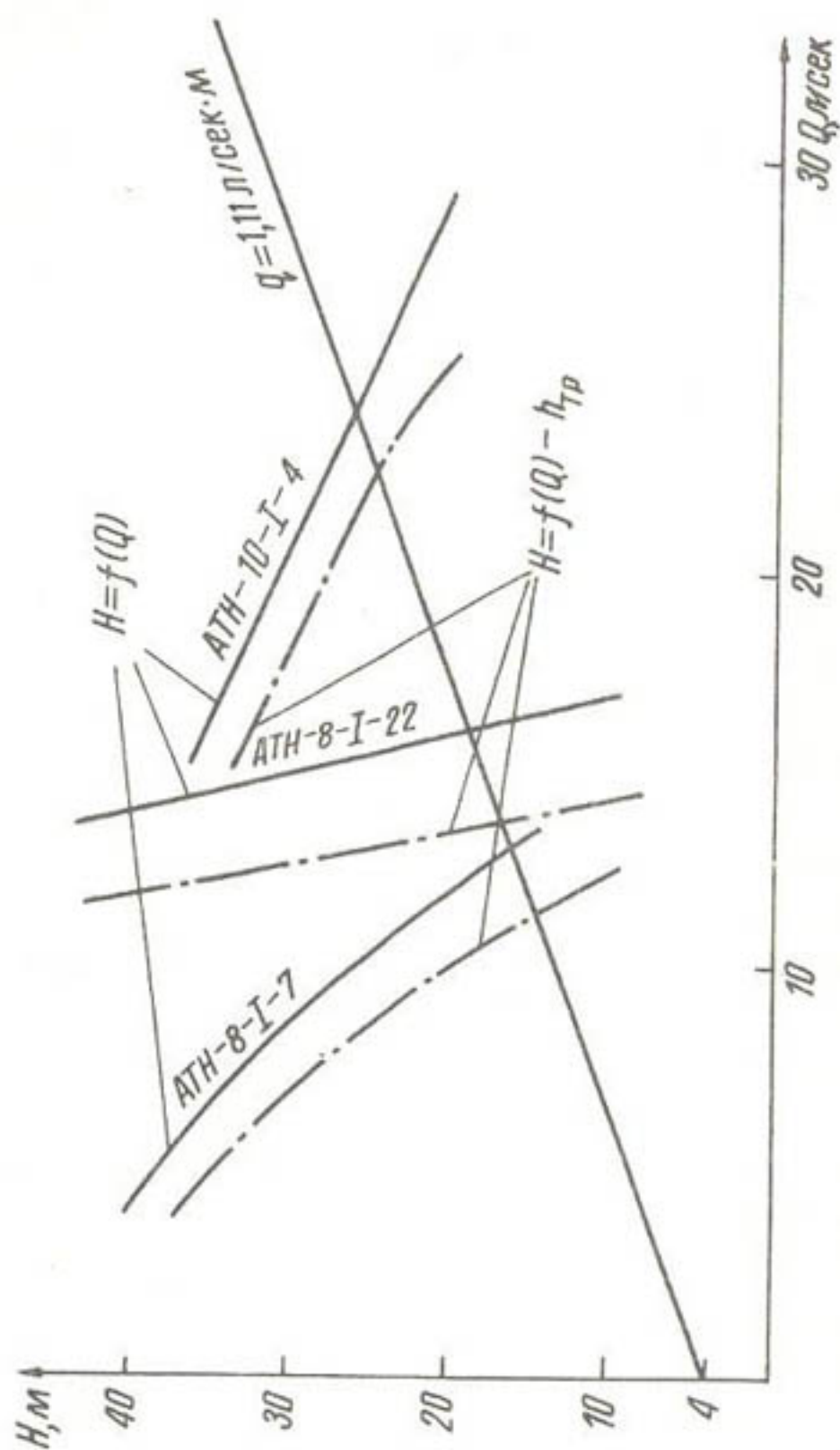


Рис. 1. Определение производительности насосных установок на скважине $q_{из} = 1,1 \text{ л/сек} \cdot \text{м}$.

Точка пересечения кривой $H = f(Q) - h_{\text{тр}} = f(Q)$ и прямой $q = f(S)$ — рабочая точка насоса. Рабочим точкам насосов соответствуют следующие параметры.

Марка насоса	Создаваемый напор H , м	Производительность Q , м ³ /час
АТН-8-І-7	15,0	11,6
АТН-8-І-22	17,0	14,0
АТН-10-І-4	25	22,5

Из условий нормального режима работы скважины величина допустимого понижения при откачке S составляет 15–20 м, а дебит скважины должен колебаться в пределах 16,7–22,2 л/сек; величина же напора, создаваемого насосом для того, чтобы он работал на излив, должна быть не ниже

$$S + H_{\text{ст}} \leq 19\text{--}24 \text{ м},$$

где $H_{\text{ст}}$ — положение статического уровня (4 м от поверхности земли).

Из всех рассмотренных насосов скважинам наиболее соответствуют параметры насоса АТН-10-І-4, и им предполагается оборудовать все семь скважин, намеченных к бурению. Скважины объединены двумя магистральными водоводами, подающими воду в резервуар, откуда она поступает на насосную станцию (рис.2). Количество воды, подаваемой каждой насосной установкой в резервуар, и режим работы каждой установки при их совместной работе на общий вывод определяется графо-аналитическим методом (рис.3). Ниже подробно рассматривается этот метод в применении к I линии водовода.

Ранее (рис.1) была получена кривая $H - h_{\text{тр}}$ — напор, создаваемый насосом за вычетом потерь в водоподъемных трубах. Чтобы определить величину напора у поверхности земли, необходимо вычесть также соответствующую характеристику скважины $q = f(S)$. Кривая, полученная в результате геометрического вычитания из напорной характеристики насоса суммарных характеристик системы, есть кривая активных

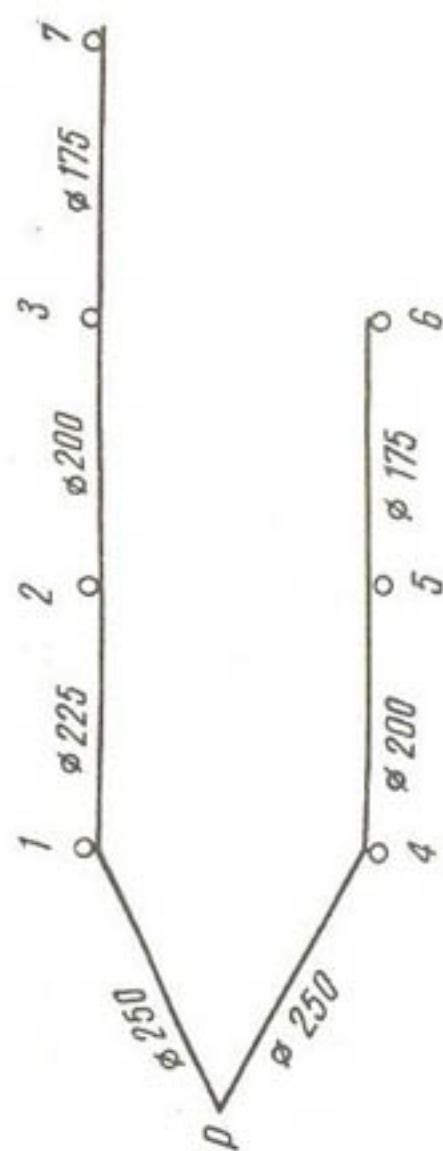


Рис.2. Схема водозаборных сооружений г. Гулистана.

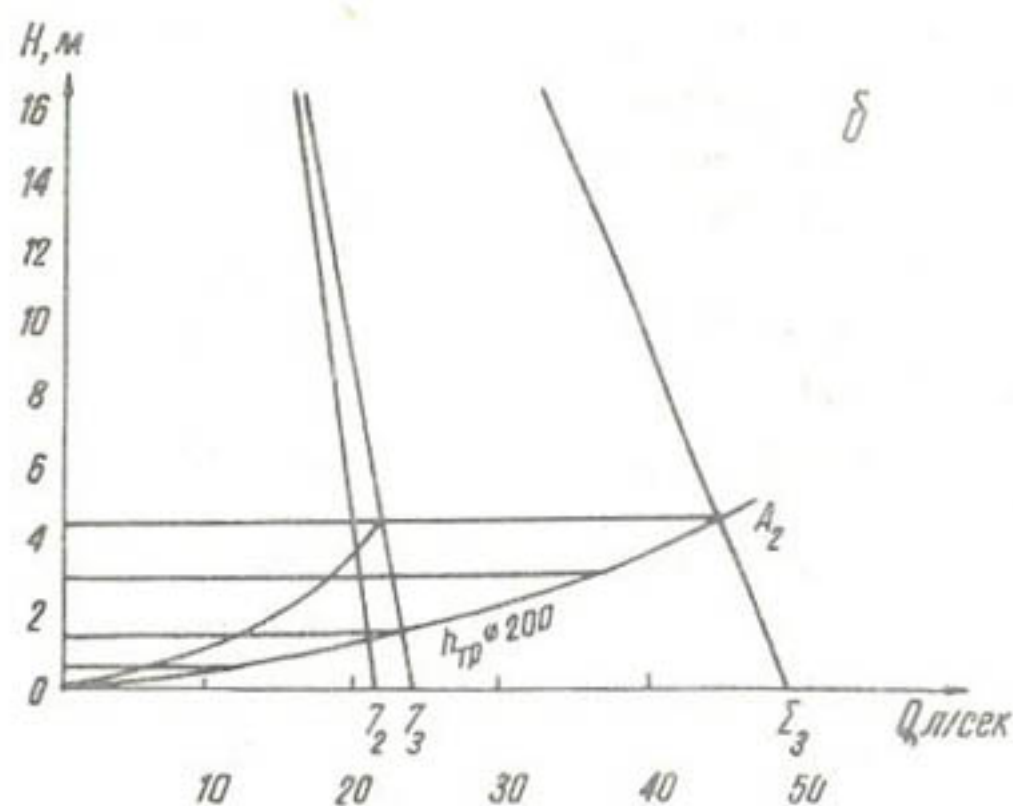
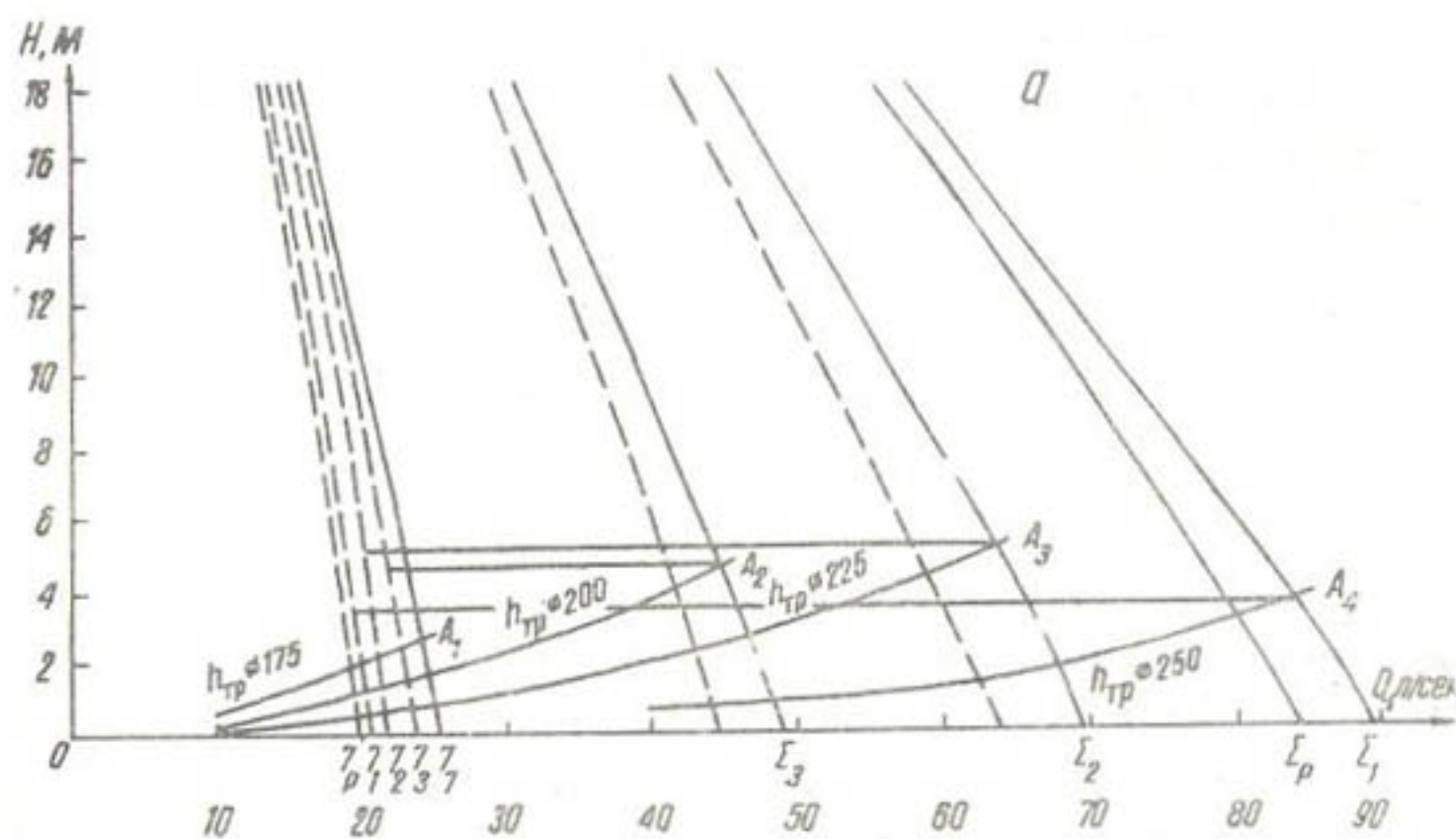


Рис. 3. Совместная работа группы скважин на общую магистраль (а) и распределение потерь напора (б).

или свободных напоров, отнесенных к соответствующим узлам.

Насосы работают параллельно. Чтобы выявить режимы их работы, необходимо учесть потери напора между отдельными узлами и высотные отметки самих узлов. Разность отметок узлов по сравнению с величиной потерь в нашем случае незначительна, поэтому ею пренебрегают. Потери между узлами, т.е. характеристика водовода, построена по таблицам для гидравлического расчета стальных водопроводных труб по формулам ВОДГЕО. При этом приняты следующие диаметры участков (длина участков 250 м).

Номер участка	Диаметр участка водовода, мм
7 - 3	175
3 - 2	200
2 - I	225
I - P	250

После определения характеристики водовода между узлами 7-3 можно перенести активный напор седьмого узла к третьему. Для этого из активного напора, развиваемого насосом в седьмом узле, вычитают потери на участке 7-3. Получается напор, развиваемый седьмым насосом в третьем узле - 7_3 . Так как насосы работают параллельно, кривые активных напоров насосов 7_3 и 3_3 геометрически складывают по производительности, в результате чего получается кривая активных напоров Σ_3 насосов 7 и 3, отнесенная к третьему узлу. Затем активные напоры насосов, приведенных к третьему узлу, переносят ко второму. Для этого из кривой Σ_3 вычитают потери напора на участке 3-2. Далее активные напоры насосов, приведенные ко второму узлу, складывают с активным напором 2_2 (кривая Σ_2). Так активные напоры последовательно переносят к последующему узлу. После нахождения суммарной кривой активных напоров Σ_1 , отнесенных к последнему узлу, находят общую подачу всех насосов, как точку пересечения суммарной кривой Σ_1 с характеристикой трубопровода на участке I-P. Этой точке соответствуют производительность 84 л/сек и напор 3 м.

Потери напора на каждом участке водовода неравномерно распределены между всеми насосами, работающими на этом участке. Определить долю потерь каждого насоса на данном участке водовода можно графическим методом (рис.3б). Для каждой кривой потерь напора известны две точки: одна в начале координат, другая в пересечении с кривой активных напоров (точки $A_1 - A_4$, рис.3а, б). Промежуточные точки находят так: проводят несколько прямых, параллельных оси абсцисс, и делят в том же отношении, что и прямую, проведенную через точку A_1 . Соединив их, получаем кривую потерь напора насоса на данном участке, соответствующую производительности насоса в узле при совместной работе нескольких насосов.

Выполняя построение в указанном порядке, можно активные напоры привести к последнему узлу. В результате создается система кривых активных напоров по отдельным узлам (рис.3, кривые $\eta_7, \eta_3, \eta_2, \eta_1, \eta_p$). Аналогично выполняют построения для второй линии водовода; получается, что суммарная производительность скважин 4, 5 и 6 у резервуара равна 61,8 л/сек, а величина напора — 2,4 м.

Таким образом, графо-аналитическим методом расчета с достаточно большой степенью точности можно определить не только суммарную подачу всех намеченных к бурению скважин, но и режим работы каждой насосной установки.

РЕСУРСЫ ВОЗВРАТНЫХ ВОД р.СЫРДАРЬЯ

Введение

Возвратные воды в водном хозяйстве играют большую роль: это – водные ресурсы, составляющие 30-40% и более от количества воды, забираемой на орошение. По отношению же к водным ресурсам рек, интенсивно используемых на орошение, они могут достигать $1/4$ и $1/3$.

Но проблема возвратных вод до настоящего времени еще мало изучена, а теоретическая основа и методика исследований не разработаны.

В настоящей статье при исследовании возвратных вод используется следующая терминология.

Возвратные воды – часть стока, взятая из водного источника, поступившая подземным путем в естественную или искусственную гидрографическую сеть и далее в эти источники или в естественные понижения и водоемы.

Дополнительные воды – водные ресурсы рек на участках, расположенных ниже створов выхода из гор, сформированные боковой и русловой приточностями и русловыми возвратными водами.

Для количественной оценки возвратных вод предлагаются следующие характеристики: потенциальные ресурсы, среднемноголетний и годовые стоки, их коэффициент вариации, максимальные и минимальные годовые стоки, внутригодовое распределение стока по месяцам в абсолютных величинах и в процентах от годового.

Потенциальные ресурсы возвратных вод ΔW_0 представляют верхний предел их возможной величины, являясь интегральной величиной фильтрации с орошаемой территории, т.е. со всей ирригационной сети и орошаемых полей. Она определяется расчетным путем по среднемноголетней величине подачи воды на орошение $W_0 = \sum Q_0 t$ и коэффициенту полезного действия системы, включая мельчайшую сеть на орошаемых полях

$$\Delta W_0 = W_0 (1 - \eta_{\text{сист}}) \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1)$$

По аналогии с потенциальными водными и гидроэнергетическими ресурсами при определении ΔW_0 не учитываются потери в зоне аэрации, растекание грунтового потока и перетоки в другие бассейны. Практически возможная к использованию величина стока возвратных вод всегда будет меньше потенциальной. Остальные характеристики аналогичны поверхностному стоку и пояснений не требуют.

Главнейшие определяющие факторы стока возвратных вод — режимы орошения исследуемой территории, водного источника, грунтовых вод, почвенно-геологических условий, состояние ирригационной и мелиоративной сети.

Данные факторы в разной степени используются при анализе формирования стока возвратных вод и не все из них могут быть выражены количественными характеристиками.

На предварительной стадии изучения возвратных вод количественную оценку их можно произвести лишь приближенно, используя следующие исходные данные: стоковые характеристики по источникам орошения (фазовые, годовые, многолетние), заборы воды на орошение и на промывки, сбросы по коллекторам и дренам, изменение фазовых и годовых запасов (объемов) грунтовых вод (в зоне непосредственной связи их с речной, оросительной и коллекторно-дренажной сетью), изменения в оросительной и мелиоративной сети на исследуемой территории.

Возвратные воды принято подразделять на русловые, поступающие непосредственно в реки как в естественные дренажи, и внутрисистемные, формирующиеся в зонах командования оросительных каналов и отводимые по крупным коллекторам и сбросам в реки. Они нередко вновь используются в пределах системы на орошение и их иногда называют повторноиспользуемыми.

Методы количественной оценки возвратных вод еще недостаточно разработаны. В практике применяются приближенные методы, сущность которых заключается в следующем.

Внутрисистемные возвратные воды оцениваются по данным натурных наблюдений и расчетным путем. Существующая

сеть постов эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства на коллекторах и дренах немногочисленна. На многих коллекторах учет стока отсутствует. При наличии учета продолжительность наблюдений в большинстве случаев небольшая и качество материалов невысокое, что значительно затрудняет решение задачи.

Расчетный путь оценки внутрисистемных возвратных вод в основе своей базируется на методе водного баланса участка с использованием материалов гидрометеорологических, гидрогеологических, водохозяйственных и др. При правильно выбранных исходных данных результаты расчетов хорошо увязываются с натурной оценкой внутрисистемных возвратных вод.

Необходимо как в натурные, так и расчетные стоковые характеристики дренажного стока вводить коррективы на поверхностный сброс с орошаемых полей (5–10% от поливных и оросительных норм нетто) и на повторное использование возвратных вод для орошения.

Полученные количественные характеристики внутрисистемных возвратных вод необходимо подвергнуть генетическому анализу, в результате которого должно быть установлено соотношение составляющих, т.е. собственно возвратных вод и грунтовых. Для этого находят связи между режимами возвратных, грунтовых вод и орошения или используют метод ЭГДА.

Русловые возвратные воды. По природным условиям большинство рек Средней Азии в верхнем и среднем течении являются большими естественными дренами для окружающей территории. Подземный приток в реки, состоящий из грунтовых и возвратных вод с орошаемых земель, играет большую роль в их режиме. Эти воды питают реки в течение всего года, но особенно интенсивно в меженный период, являясь нередко единственным источником их питания.

В практике водохозяйственных и гидрологических расчетов выработались приемы оценки подземного притока в реки в виде ресурсов "дополнительных" вод, оцениваемые методом руслового баланса, с последующим разделением их на указан-

ные выше составляющие.

Исследуемые участки рек следует разбить на предгорные группы, долинные и устьевые. Каждые имеют свои особенности расчета.

В первой группе в приходной части руслового баланса содержатся следующие элементы: расходы воды во входных створах, поступление воды в русло рек (по сбросам, коллекторам и дренам), боковая приточность (неучтенная гидрометрически). В расходную же часть входят отборы воды на орошение и на другие нужды и расходы воды в выходном отворе участка.

Во второй группе из приходной части исключается боковая приточность, так как она в большинстве случаев ничтожно мала; состав расходной части сохраняется.

В третьей группе (транзитные участки, низовья, устья) приходная часть аналогична второй группе, а в расходную добавляются русловые потери на разливы и фильтрацию.

Боковая приточность — поверхностный и подземный приток в русло реки (по мелким и временным водотокам и русловое выклинивание) с площади водосбора, сток с которого гидрометрически не учитывается. Оценка ее возможна постановкой натуральных балансовых исследований или приближенно с помощью аналогов. При этом за основу берется средний модуль стока аналога, а изменчивость его по годам и внутригодовое распределение стока устанавливается на основе анализа данных аналога, режима грунтовых вод, атмосферных осадков и режима основной реки.

В результате расчетов руслового баланса получают характеристики русловой приточности на участках реки по годам в среднемесячных величинах. Русловая приточность положительного знака характеризует дополнительные воды как по величине, так и по внутригодовому распределению. Приточность отрицательного знака соответственно характеризует русловые потери, т.е. расходную часть руслового баланса. Знак русловой приточности в течение года может перемежаться. Обычно приточность отмечается в период межени, а потери — в паводок.

Генетический анализ дополнительных вод позволяет выделить их соответствующие – возвратные воды и грунтовые. Для решения этой задачи предложены два метода:
а) расчетами частного баланса подземного регулирования^{х/}
и б) методом ЭГДА.

Метод ЭГДА применяют при исследованиях различных вопросов фильтрации, в том числе и с поверхности земли для определения естественных ресурсов грунтовых вод. В данном случае имеется в виду определение стока грунтовых вод.

Общие ресурсы возвратных вод на исследуемых участках складываются из внутрисистемных и русловых, а в целом по бассейну реки – суммированием по всем участкам.

Ввиду ряда допущений, применяемых при исследовании возвратных вод, перетока их с верхних участков на нижние и некоторой условности в отнесении к балансовым участкам внутрисистемных возвратных вод, рекомендуется пользоваться осредненными величинами по укрепленным участкам за многолетний период и за группы лет по их водности.

Изложенные методические основы были использованы при исследовании количественных характеристик возвратных вод в бассейне р.Сырдарья, которые производились для части бассейна с наиболее развитым орошением – Ферганской долины, Голодной степи, бассейнов р. Чирчик–Ангрен–Келес (до отвора Чардара). Для остальной части бассейна (Арысь–Туркестан и Низовья) были использованы результаты проработок по гидрологическому 1963 г.

В исследованиях использованы следующие материалы: результаты рекогносцировочных обследований бассейна, данные опорной гидрометсети УГМС на реках и эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства республик Средней Азии о водозаборах в каналы и сбросах по коллекторно-дренажной сети, материалы гидрорежимных станций о грунтовых водах, водоохозяйственные материалы (отчеты и проектные проработки) и литературные источники.

^{х/} В.П.Светицкий. Возвратные воды в верховьях р.Амударья. Тр.САНИИРИ, вып.113, Ташкент, 1967.

Ферганская долина. Территория — 78 тыс. км², орошаемая площадь — превышает 1 млн. га, из которой на долю УзССР приходится 66%, КиргССР — 25 и ТаджССР — 9%.

Ее речная сеть — р. Нарын, Карадарья, Сырдарья и большое количество мелких рек, стекающих со склонов окружающих хребтов (рис. I). Естественный сток рек учитывается сетью гидрометрических станций УГМС. Однако на мелких и временных водостоках он не учитывается, величина не превышает 3–5% от суммарного стока всех рек долины.

Естественный режим некоторых рек долины регулируется водохранилищами сезонного регулирования: Кайракумским и Фархадским на р. Сырдарья, Ортотокойским на р. Касансай и Каркидонском на р. Кувасай.

В Ферганской долине имеется большое число ирригационных систем с хорошо развитой оросительной и коллекторно-дренажной сетью. Наиболее крупные магистральные каналы — Большой Ферганский им. У. Юсупова, Южный Ферганский, Северный Ферганский, Шаариханский, Савай, Андижанский, им. Ю. Ахунбабаева, канал машинного орошения Самгарский, Хаджабакирганский и др. (рис. I).

Большой Ферганский канал состоит из двух частей: а) Нарынокарадарьинский и б) с водозабором из р. Карадарья от Куйганярского гидроузла. Водозабор из р. Нарын в 190 м³/сек осуществляется в двух пунктах: на левом берегу — через головное сооружение, реконструированное в 1939 г., и головное сооружение подпитывающего канала, построенного в 1958 г. Роль первой части канала заключается в переброске стока из бассейна Нарына в бассейн Карадарьи, вторая же основная часть канала орошает огромную территорию на левом берегу р. Сырдарья.

Головной водозабор в Северный Ферганский канал в 110 м³/сек находится на правом берегу у Нарынского гидроузла, против водозабора подпитывающего канала БФК.

Выше БФК на р. Нарын находится Учкурганская ГЭС. В р. Нарын впадают коллекторы — Восточный, "40 лет Октября", 2–17 и Западный.

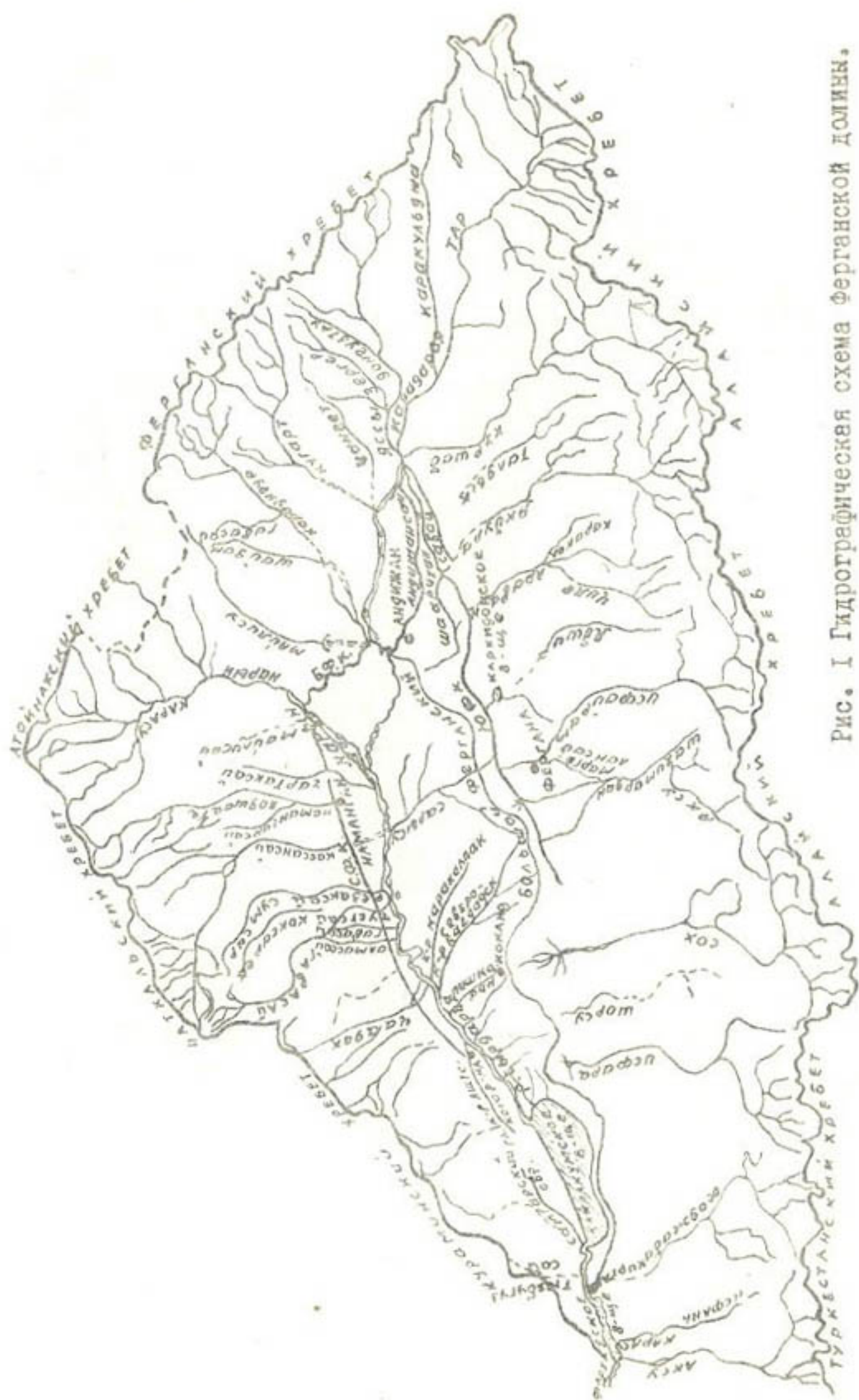


Рис. 1 Гидрографическая схема Ферганской долины.

На р.Карадарья имеется три гидроузла — Кампырраватский, Тешикташский и Куйганярский. От первого питаются каналы Шаарихансай, Савай и Андижансай, из второго — Пахтабад — справа и Улугнар — слева и из последнего — БФК — слева и Сиза — справа.

В р.Карадарья впадают справа 20 коллекторов. Наиболее крупные из них — Маргузар, Ходжитал, Каракуль; на левом берегу — сбросы Шаариханский и Ассакинский и коллекторы К-5, Кондаанхор, Караканда, Замбаркуль.

От слияния р.Нарын и Карадарья до ст.Акджар из р.Сырдарья на левый берег забирает воду только один крупный канал им.Ахунбабаева, пропускная способность $70 \text{ м}^3/\text{сек}$. На этом участке в реку впадают коллекторы Северобагдадский с расходом в устье $60 \text{ м}^3/\text{сек}$, Дамкуль — 16, Мамахан — 10 и другие мелкие коллекторы.

Ниже ст.Акджар сток р.Сырдарья регулируется Кайраккумским водохранилищем, действующим с 1956 г.

Близ г.Бекабад находится второй гидроузел, Фархадский. В районе Кайраккумского и Фархадского гидроузлов действуют насосные станции. На левом берегу Коктюрлюкская, Унжинская, Хаджабакирганская, Явааральская, Наупролетарская и на правом берегу Симчакская, Самгарская, Кызлтукайская и Акташская. Здесь в р.Сырдарья впадают коллекторы: слева — Абдусамат, Сохисфаринский, Д.Северный, Центральный, КЯК, сбросы — Сохский, Хаджабакирганский, Аксу и справа — главный коллектор Аштский.

Большое количество коллекторов сбрасывают воду в Кайраккумское водохранилище и верхний бьеф Фархадского гидроузла.

Расчеты руслового баланса проводились по пяти балансовым участкам на р.Нарын, Карадарья и Сырдарья, положения которых определено наличием опорных гидрометрических станций УГМС.

Первый участок ограничен входным отвором ст.Учкурганская на р.Нарын и выходным — ст.Каль на р.Сырдарья (рис.2). Второй участок расположен на р.Карадарья между ст.Кампыр-

раватская и Учтепе (рис.3). Третий участок – на р.Сырдарья, между ст.Каль и Акджарская, четвертый – между ст.Акджарская и Кзылқишлакская и пятый – между ст.Кзылқишлакский и Бекабад (рис.4 и 5).

По наличию имеющихся материалов расчетный период на всех участках принят продолжительностью с 1955 по 1966 гг. За этот период произошло значительное увеличение водозабора в ирригационные каналы и особенно резко с 1961 г. Так, по первому участку общее увеличение водозабора составляет около $100 \text{ м}^3/\text{сек}$, за счет дополнительной подачи в БФК по подпитывающему каналу и увеличению подачи воды в СФК и канал им. Ахунбабаева.

Результаты расчета руслового баланса на первом участке показали наличие устойчивой русловой приточности, которая увеличилась в начале периода от $28-30 \text{ м}^3/\text{сек}$ (среднегодовые расходы), до $50-75$ в середине и конце его.

На втором балансовом участке произошло увеличение водозабора от $150-160 \text{ м}^3/\text{сек}$ до $180-200$. Отмечается и увеличение поступления воды в р.Карадарья по коллекторам в начале периода от $16-20 \text{ м}^3/\text{сек}$, в конце – до $35-37$.

Суммарные расходы по сбросам в р.Карадарья за тот же период удвоились от $70-75 \text{ м}^3/\text{сек}$ до 150 . Расчетами руслового баланса здесь также установлена устойчивая приточность в пределах от 70 до $129 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Третий балансовый участок – транзитный, который не имеет водозаборов в ирригационные каналы, но здесь в реку впадают 13 коллекторов.

Расчетами руслового баланса показано, что приточность на участке, по сравнению с транзитными расходами, весьма малая и знак ее перемежается. То же получено из анализа графика связи сезонных расходов воды между станциями Каль и Акджарской. По величине русловая приточность оценивается в $7 \text{ м}^3/\text{сек}$, что по отношению к транзитным среднегодовым расходам составляет не более 1-2%.

На четвертом участке расположено Кайраккумское водохранилище, при помощи которого осуществляется сезонное и

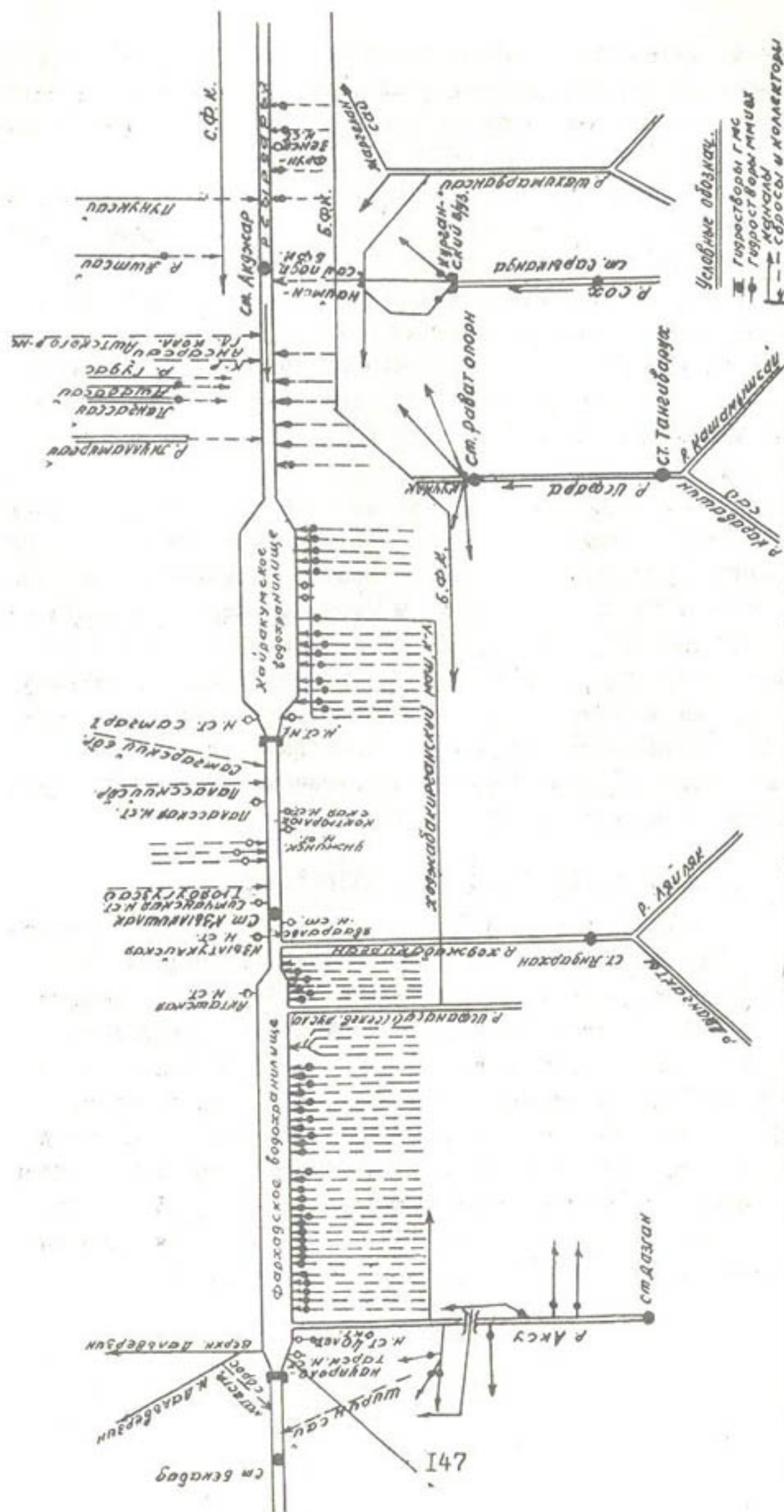


Рис.5. Линейная схема ирригационной сети р.Сырдарья на IV и V балансовых участках.

частично многолетнее регулирование стока. Это мешает производить на участке расчеты руслового баланса обычным путем. Поэтому были использованы данные, относящиеся к незарегулированному стоку, т.е. до 1957 г.

По связям сезонных расходов воды между ст.Акджарская и Кзылкишлакская установлено, что при расходах воды в реке до $600 \text{ м}^3/\text{сек}$ имеется приточность, а при больших расходах — потери. При среднемноголетнем расходе $510 \text{ м}^3/\text{сек}$ русловая приточность оценивается величиной около $10\text{--}15 \text{ м}^3/\text{сек}$.

За расчетный период водозабор на орошение увеличился от $1\text{--}2 \text{ м}^3/\text{сек}$ в 1956–1957 гг. до $35\text{--}37$ в 1965–1966 гг.; поступление воды по коллекторам и сбросам также возросло от 17-- до $25 \text{ м}^3/\text{сек}$.

На пятом балансовом участке имеется емкость, созданная Фархадским гидроузлом, которая используется как бассейн суточного регулирования ГЭС. Водозабор на орошение на участке возрос от $15\text{--}16$ до $30\text{--}31 \text{ м}^3/\text{сек}$. Суммарные расходы по сбросам изменяются от 0 до $10 \text{ м}^3/\text{сек}$, а по коллекторам и дренам от $1,4$ до $3,8 \text{ м}^3/\text{сек}$. Русловая приточность неустойчива как по величине, так и по знаку и изменяется от $+14$ до $-16 \text{ м}^3/\text{сек}$ среднегодовых расходов воды. Установить закономерность или даже тенденцию изменчивости русловой приточности не представилось возможным.

Возвратные воды Ферганской долины

Генетически русловая приточность на первом балансовом участке формируется за счет русловых возвратных вод, боковой приточности и грунтовых вод. Здесь как с правого, так и с левого берега имеются значительные водосборные площади, сток с которых гидрометрически не учитывается. На этих водосборах формируется боковая приточность в реку. Оценка ее произведена с помощью аналогов. По правобережью за аналог принята р.Касансай, а по левому берегу — р.Абширсай. Боковая приточность по обоим берегам — $11,3 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Грунтовые воды на участке поступают в реку справа на протяжении 60 км (Учкурган — Каль), слева на 40 км

(Учтепе – Каль) и через устьевой отвор р. Карадарья. По ориентировочным расчетам эта приточность оценена постоянным расходом $10 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Таким образом суммарная приточность поверхностных и подземных вод на первом участке определена в размере $21 \text{ м}^3/\text{сек}$ среднемноголетних расходов воды.

С учетом русловой и боковой приточностей и притоком грунтовых вод определены количественные характеристики русловых возвратных вод на участке. За расчетный период они изменились от $23\text{--}24 \text{ м}^3/\text{сек}$ – в начале периода до $45\text{--}57 \text{ м}^3/\text{сек}$ – в середине и в конце его (среднегодовые расходы).

Общие ресурсы возвратных вод участка складываются из внутрисистемных, учтенных в устьях коллекторов, и русловых. Поступление воды по коллекторам в русло реки изменялось от $30 \text{ м}^3/\text{сек}$ – в начале периода до $60\text{--}66 \text{ м}^3/\text{сек}$ – в конце при среднемноголетней величине $39,8 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Стоковые характеристики возвратных вод за расчетный период приведены в табл. I, из которой видно, что количество их постепенно возрастало от $55 \text{ м}^3/\text{сек}$ до $80\text{--}90$ при среднемноголетней величине $73,1 \text{ м}^3/\text{сек}$. Внутри года большая их часть приходится на невегетационный период.

Забор воды на орошение, отнесенный к первому участку, в среднем за расчетный период равен $164 \text{ м}^3/\text{сек}$. Здесь и в последующем в это количество входит забор не только из основной реки, но и из притоков.

Возвратные воды на этом участке по отношению к суммарной водоподаче на орошение составляют $44,6\%$, а за вычетом поверхностных сбросов по мелкой сети – 42 . Высокий процент возвратных вод объясняется большой водопроницаемостью почво-грунтов орошаемых массивов, расположенных в большинстве своем на древних конусах выноса многочисленных рек. Мелкоземы небольшой мощности повсеместно подстилаются толщей галечников, обладающих высокими коэффициентами фильтрации.

На первом и втором балансовых участках русловые возвратные воды вместе с боковой приточностью и грунтовыми во-

дами количественно характеризуются русловой приточностью. Дополнительная площадь водозабора, где формируется боковая приточность, имеется как по правому, так и по левому берегу р. Карадарья. Количественная оценка этой поверхностной приточности произведена также по аналогам — р. Ченгетсу — для правобережья и р. Аравансай — для левобережья, которая изменяется от 5,3 до 16,3 м³/сек, при среднемноголетней — 10,7 м³/сек.

Приток грунтовых вод в р. Карадарья, как в естественную дренаж, ориентировочными расчетами оценивается в размере 25 м³/сек, что согласуется с ранее данной оценкой гидрогеологом М.А. Шмидтом^{х/}.

Величина русловых возвратных вод за расчетный период изменяется от 40 до 88 м³/сек при средней 55,8 м³/сек. Четкой направленности или тенденции в изменчивости стока русловых возвратных вод не отмечается.

Ресурсы внутрисистемных возвратных вод оцениваются стоковыми характеристиками коллекторно-дренажных вод, поступающих в р. Карадарья. За расчетный период они изменились от 16–20 м³/сек — в начале, до 35–37 м³/сек — в конце при среднемноголетней 25,3 м³/сек.

Общие ресурсы возвратных вод на втором балансовом участке за расчетный период колебались от 67 до 111 м³/сек среднегодовых расходов при среднемноголетней 81,1 м³/сек (табл. 2). В указанное количество возвратных вод входит грунтовое питание коллектора Карагунок, оцениваемое приблизительно постоянным расходом 5,5 м³/сек. В дальнейших расчетах это учтено и среднемноголетняя величина возвратных вод участка составила 75,7 м³/сек. Суммарное количество воды, подаваемое на орошение на втором участке, участвующее в формировании возвратных вод, составляет 173 м³/сек. Учитывая поверхностные сбросы с орошаемых полей (5% от стока возвратных вод), величина последних по отношению к количеству воды по данному на орошение составит, как и на первом участке, 42%.

^{х/}М.А. Шмидт. Схема взаимоотношения поверхностного и подземного стока в условиях образования возвратных вод Ферганской котловины, Фонды Гидроингео, 1936.

Таблица I

Ресурсы возвратных вод на первом балансовом участке
от ст. Учкурганская на р. Нарын до ст. Калъ на р. Сырдарья, м³/сек

Год	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	Сред- него- довой
1955-1956	26,1	34,5	43,6	28,2	25,7	62,1	62,3	65,9	72,4	73,5	79,0	89,2	55,2
1956-1957	32,0	35,8	33,7	34,3	37,4	48,6	70,1	70,3	78,7	74,5	73,6	69,6	54,8
1957-1958	46,2	28,0	35,4	27,9	31,8	49,2	83,0	86,1	52,6	61,3	89,5	74,6	54,6
1958-1959	38,5	33,9	87,1	85,4	61,8	72,7	53,2	64,5	72,2	38,8	58,9	65,7	61,1
1959-1960	35,4	34,0	40,7	36,6	30,3	48,3	60,8	48,3	76,9	83,2	81,5	76,7	54,4
1960-1961	56,2	44,1	34,8	51,8	34,9	86,8	113	97,7	114,8	122	133,8	118,8	84,0
1961-1962	99,8	108,2	61,0	43,8	76,9	63,5	95,4	137,4	104,4	104,6	99,8	84,4	89,9
1962-1963	75,5	98,0	50,1	37,5	60,6	62,4	94,7	88,1	106,2	82,2	79,6	97,8	77,7
1963-1964	83,1	86,0	82,0	54,6	54,5	69,9	93,9	96,8	92,6	110,2	128,8	119,0	89,3
1964-1965	99,0	141,2	86,0	87,3	78,2	112,2	111,4	65,5	65,6	147,6	146,0	131,3	105,8
1965-1966	111,0	98,8	37,4	29,8	26,4	60,3	86,4	65,4	109,9	115,7	126,9	102,0	80,8
Средне- многолет- ний	63,9	67,5	53,8	47,0	46,2	66,8	84,0	80,5	86,0	92,1	99,8	93,6	73,1

Таблица 2

Ресурсы возвратных вод на втором балансовом участке,
р. Карадарья от ст. Кампырватская до ст. Учтепе

Год	IV	У	VI	УП	УШ	IX	X	XI	XII	I	II	III	Средне- годо- вой
1955-1956	99,5	61,2	40,9	57,6	37,1	75,5	71,2	73,5	74,2	72,1	76,3	73,6	68,0
1956-1957	104,9	104,4	38,8	24,3	42,3	64,4	83,0	80,0	71,8	60,1	58,4	72,9	66,9
1957-1958	104,7	45,2	77,8	25,6	17,8	64,1	73,0	82,4	72,6	74,9	70,9	84,3	66,5
1958-1959	163,2	116,8	63,4	81,2	76,9	95,8	151,7	112,1	99,8	77,9	71,7	89,4	99,9
1959-1960	212,7	131,6	78,7	94,4	87,8	97,4	38,2	89,0	85,8	71,1	56,6	72,4	93,2
1960-1961	113,1	253,1	144,2	102,4	83,8	98,3	96,6	95,1	68,9	88,5	89,4	100,3	111,1
1961-1962	107,1	104	60,9	49,8	53,6	68,0	76,8	79,5	82,7	79,9	74,2	61,3	75,6
1962-1963	80,8	94,7	57,4	40,5	53,3	64,2	79,7	85,5	66,1	56,7	77,3	100,6	71,3
1963-1964	107,7	103,8	98,0	83,6	58,9	63,7	81,5	76,4	76,1	49,5	57,7	75,6	77,6
1964-1965	115,4	122,7	62,8	98,4	91,6	93,1	94,1	67,9	68,6	60,3	78,9	87,5	86,7
1965-1966	83,2	75,7	57,5	63,8	71,1	65,7	85,3	85,0	69,5	77,7	86,5	109,5	76,8
Средне- много- летний	116,8	110,2	70,8	65,6	61,2	77,2	84,6	84,2	76,0	69,8	72,5	84,3	81,2
Грунтовое питание коллектора Ка- рагунона													-5,5
													75,7

На третьем балансовом участке боковая приточность определена указанным выше методом и составляет около $I-I,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$ По ориентировочным подсчетам приток грунтовых вод в русло реки с периферии предгорий оценивается величиной порядка $5-6 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Русловая приточность на участке составляет около $7 \text{ м}^3/\text{сек.}$; таким образом она уравнивается притоками грунтовых и поверхностных вод (боковая приточность), что указывает на малую величину русловых возвратных вод, т.е. практически они отсутствуют.

Внутрисистемные возвратные воды составляли в начале расчетного периода $26-27 \text{ м}^3/\text{сек}$ и $53-57$ – в конце (табл.3).

Водоподача на прилегающие орошаемые земли, участвующие в формировании возвратных вод, приближенно определена в размере $II9 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Внеся коррективы на поверхностный сброс с орошаемых полей, возвратные воды составили 33% от водоподачи на орошение.

На четвертом балансовом участке боковая приточность приближенно определена в размере $I,5-2,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$, а приток грунтовых вод – около $5,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Принимая нижний предел русловой приточности на участке в $10 \text{ м}^3/\text{сек}$ и указанные выше величины боковой приточности и грунтовых вод, получаем величину русловых возвратных вод порядка $3 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Эта величина весьма малая по отношению к расходам воды в реке (около 0,5%) и находится в пределах точности измерений. Практически можно считать, что на данном участке величиной русловых возвратных вод можно пренебречь.

Внутрисистемные возвратные воды за расчетный период изменялись от $I7$ до $25 \text{ м}^3/\text{сек.}$, при среднемноголетней величине (1959–1967 гг.) $20 \text{ м}^3/\text{сек}$ (табл.4). На данном участке, как и на предшествующем, ресурсы возвратных вод представлены только внутрисистемными возвратными водами.

На орошаемые земли, относящиеся к данному участку, вода подается из магистралей БФК, СФК насосными станциями из р.Сырдарья и ее притоков, в среднем $81 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Возвратные воды здесь составили около 24% от водозабора на орошение.

Таблица 3

Суммарные расходы воды по коллекторам на третьем участке
за 1955-1966 гг., м³/сек

Год	IV	У	У I	У II	У III	IX	X	XI	XII	I	II	III	Средне- : годо- : вой
1955-1956	23,1	25,8	18,0	10,1	13,7	18,7	21,5	27,4	31,9	36,4	47,5	42,6	26,4
1956-1957	32,7	22,9	10,8	18,1	12,6	14,9	24,7	28,5	39,0	34,9	38,3	46,6	27,0
1957-1958	26,9	19,4	26,2	15,4	16,1	17,4	34,5	33,0	31,9	31,2	44,2	49,4	28,8
1958-1959	38,5	31,6	24,9	28,6	20,6	25,4	40,4	49,5	56,3	45,8	55,7	58,5	39,6
1959-1960	41,5	44,2	35,2	27,3	27,0	47,6	36,2	49,6	59,2	60,0	72,8	68,4	47,4
1960-1961	47,9	56,9	36,3	35,2	39,2	44,1	35,8	51,3	57,1	42,2	50,7	57,7	46,2
1961-1962	46,8	33,8	22,3	14,7	24,0	34,2	22,4	24,9	35,8	49,3	54,3	51,2	34,4
1962-1963	27,2	36,8	16,7	13,8	24,5	36,6	30,4	33,9	38,0	44,8	74,5	91,3	39,0
1963-1964	35,0	53,7	47,0	36,1	33,2	35,3	42,0	48,4	58,1	58,5	83,0	97,9	52,3
1964-1965	78,4	70,4	32,5	33,8	55,9	50,0	50,0	43,0	56,0	67,2	75,6	74,1	57,3
1965-1966	54,5	55,7	31,4	45,2	32,2	37,4	37,2	42,5	52,1	77,0	87,4	88,9	53,4
Среднего- летний	41,1	41,0	27,3	25,3	27,0	32,8	34,0	39,4	46,7	49,6	62,0	66,7	41,0

Таблица 4

Суммарные расходы воды по коллекторам на IV балансовом
участке за период с 1955 по 1967 гг., м³/сек

Год	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	Средне- годо- вой
1955-1956	0,4	1,1	1,1	0,9	0,6	1,2	1,1	1,2	1,3	14,7	13,8	12,1	4,12
1956-1957	10,2	6,3	4,8	3,8	1,3	2,3	4,7	14,3	15,5	13,0	16,2	14,5	8,91
1957-1958	6,9	5,0	8,0	0,6	0,8	1,2	13,5	14,4	15,9	13,0	12,3	10,1	8,48
1958-1959	7,2	5,9	7,8	3,0	1,6	2,3	14,5	14,4	17,7	(16)	(16,0)	(14,4)	10,1
1959-1960	29,1	23,9	18,0	13,0	13,6	20,9	28,1	27,7	29,1	28,6	32,8	32,1	24,7
1960-1961	25,0	28,7	22,9	17,0	16,1	23,3	25,3	17,4	24,3	18,4	22,3	25,6	22,2
1961-1962	27,6	20,9	14,6	10,6	11,1	14,5	15,8	15,5	18,8	19,9	21,3	20,7	17,6
1962-1963	20,0	15,9	14,7	8,43	10,2	10,3	12,8	15,2	17,5	14,9	27,2	28,3	16,3
1963-1964	20,5	18,6	16,6	7,71	8,29	14,1	16,1	17,8	17,4	19,1	22,4	24,7	16,9
1964-1965	22,3	21,4	19,5	17,8	14,5	18,5	17,4	18,4	22,6	24,7	27,2	29,9	21,2
1965-1966	29,6	20,6	9,23	7,18	7,5	15,3	21,3	19,7	20,3	20,5	29,7	30,3	19,3
1966-1967	20,7	22,4	20,7	10,4	20,8	19,9	21,1	20,0	19,5	-	-	-	19,5
Средне- многолет- ние	24,4	21,6	17,0	11,5	12,8	17,1	19,7	19,0	21,2	20,9	26,1	27,4	19,7

На пятом, балансовом участке, русловая приточность исчезающе мала и указывает на отсутствие русловых возвратных вод.

В формировании внутрисистемных возвратных вод участвуют площади, орошаемые машинными каналами из р. Сырдарья и их притоков с суммарной водоподачей II $\text{м}^3/\text{сек}$. Внутрисистемные возвратные воды, поступающие в р. Сырдарья по коллекторно-дренажной сети в размере 2,5 $\text{м}^3/\text{сек}$ по отношению к суммарной подаче воды на орошение составили около 23%.

Выполненные расчеты руслового баланса по отдельным участкам позволяют иметь общее представление о количестве возвратных вод в целом по долине. Ресурсы русловых возвратных вод долины даны в табл.5, из которой видно, что за расчетный период они изменялись от 63,3 до 133,6 $\text{м}^3/\text{сек}$ (от 1,99 до 4,20 км^3). Ресурсы внутрисистемных возвратных вод приведены в табл.6. Они возросли от 86,3 $\text{м}^3/\text{сек}$ (2,71 км^3) в начале периода до 175-177 $\text{м}^3/\text{сек}$ (5,5-5,6 км^3) в конце. Такое постепенное их увеличение объясняется планомерным развитием коллекторно-дренажной сети долины.

Общие ресурсы возвратных вод Ферганской долины приведены в табл.7. За расчетный период они постепенно увеличивались от 155,9 $\text{м}^3/\text{сек}$ (4,9 км^3) до 273,1 $\text{м}^3/\text{сек}$ (8,59 км^3). Величина их по отношению к водоподаче на орошение, на балансовых участках (с учетом поверхностных сбросов с орошаемых полей) изменялась следующим образом: на первом и втором участках 42%, на третьем - 33, на четвертом - 24, на пятом - 23 и в целом по долине - 37.

Наибольший процент возвратных вод приходится на верхнюю часть долины, на бассейны рек Нарын и Карадарья, орошаемые земли которых обладают хорошей естественной дренированностью и развитой коллекторно-дренажной сетью. Второе место занимает средняя часть долины (III участок), где дренирующая способность почво-грунтов также высокая. Вниз по течению р. Сырдарья (IV-V участки) относительная величина возвратных вод постепенно уменьшается, что согласуется с природными условиями этих участков.

Таблица 5

Ресурсы русловых возвратных вод
Ферганской долины

Год	Балансовые участки						Всего	
	I	II	III	IV	У	м ³ /сек	км ³	
1955-1956	23,6	46,0	-	-	-	69,6	2,19	
1956-1957	23,2	50,5	-	-	-	73,7	2,31	
1957-1958	24,6	49,0	-	-	-	73,6	2,31	
1958-1959	26,7	83,5	-	-	-	110,2	3,46	
1959-1960	20,4	76,0	-	-	-	96,4	3,02	
1960-1961	45,6	88,0	-	-	-	133,6	4,20	
1961-1962	57,5	51,4	-	-	-	108,9	3,42	
1962-1963	33,5	38,4	-	-	-	71,9	2,26	
1963-1964	23,0	40,3	-	-	-	63,3	1,99	
1964-1965	47,0	49,4	-	-	-	96,4	3,03	
1965-1966	41,2	41,7	-	-	-	82,9	2,6	
Среднего- лений	33,3	55,8	-	-	-	89,1	2,8	

Таблица 6

Ресурсы внутрисистемных возвратных вод
Ферганской долины

Год	Балансовые участки					Всего	
	I	II	III	IV	У	м ³ /сек	км ³
1955-1956	31,6	21,7	26,4	4,1	(2,5)	86,3	2,71
1956-1957	31,6	16,4	27,0	8,9	(2,5)	86,4	2,71
1957-1958	29,9	17,5	28,8	8,5	(2,5)	87,2	2,74
1958-1959	34,3	16,4	39,6	10,1	(2,5)	102,9	3,23
1959-1960	34,0	17,2	47,4	24,7	(2,5)	125,8	3,95
1960-1961	38,4	23,1	46,2	22,2	(2,5)	132,4	4,16
1961-1962	32,4	24,2	34,4	17,6	(2,5)	111,1	3,50
1962-1963	44,2	32,9	39,0	16,3	(2,5)	134,9	4,24
1963-1964	66,2	37,3	52,3	16,9	2,3	175,0	5,50
1964-1965	58,8	37,3	57,3	21,2	2,1	176,7	5,56
1965-1966	39,6	35,1	53,4	19,3	2,5	149,9	4,70
Среднего- летний	39,8	25,3	41,0	15,4 ^{х/}	2,5	124,0	3,90

х/ За период с 1959-1967 гг. средний расход внутрисистемных
возвратных вод составляет 20 м³/сек.

Таблица 7

Ресурсы возвратных вод
Ферганской долины

Год	Балансовые участки					Всего	
	I	II	III	IV	У	м ³ /сек	км ³
1955-1956	55,2	67,7	26,4	4,1	(2,5)	155,9	4,9
1956-1957	54,8	66,9	27,0	8,9	(2,5)	160,1	5,02
1957-1958	54,5	66,5	28,8	8,5	(2,5)	160,8	5,05
1958-1959	61,0	99,9	39,6	10,1	(2,5)	213,1	6,69
1959-1960	54,4	93,2	47,4	24,7	(2,5)	222,2	6,97
1960-1961	84,0	111,1	46,2	22,2	(2,5)	266,0	8,36
1961-1962	89,9	75,6	34,4	17,6	(2,5)	220,0	6,92
1962-1963	77,7	71,3	39,0	16,3	(2,5)	206,8	6,50
1963-1964	89,2	77,6	52,3	16,9	2,3	238,3	7,49
1964-1965	105,8	86,7	57,3	21,2	2,1	273,1	8,59
1965-1966	80,8	76,8	53,4	19,3	2,5	232,8	7,30
Среднего- летний	73,1	81,1	41,0	15,4 ^{х/}	2,5	213,1	6,70

^{х/} За период с 1959-1967 гг. расход возвратных вод
составляет 20 м³/сек.

Чирчик – Ангрен – Келес и Голодная степь (ЧАКИР)

Данный участок – часть бассейна р.Сырдарья от Бекабада до Чардары, в которую входят бассейны правобережных притоков – р.Ангрен (Ахангаран), Чирчик, Келес и на левом берегу – равнинные пространства Голодной степи (рис.6).

Естественные границы ее – на юге и востоке – Кураминский и Чаткальский хребты, на севере – Таласский Алатау с его западными отрогами, на западе – границы долины р.Сырдарья.

Река Сырдарья при выходе из Ферганской долины перегорожена плотиной Фархадской ГЭС и значительную часть года вода из рек поступает в деривационный канал ГЭС, и только излишки ее сбрасываются в реку. Ниже Фархадского гидроузла в Сырдарью слева впадают два притока – Зааминсай и Санзар и далее вниз по течению, справа реки – Ангрен, Чирчик и Келес. Граница рассматриваемой части бассейна по р.Сырдарья – Чардаринский гидроузел, построенный в 1965 г., с водохранилищем сезонного регулирования, емкостью $5,7 \text{ км}^3$ (рис.7).

Река Чирчик является наиболее водоносной в ЧАКИРе, образуется слиянием рек Чаткал и Пскем; она принимает только два сравнительно больших притока – справа – р.Угам и слева – р.Аксаката.

Река Ангрен по водоносности значительно уступает р.Чирчик. Истоками ее являются небольшие речки, стекающие со склонов Чаткальского и Кураминского хребтов. Ангрен принимает большое количество притоков, наиболее крупные из них Арасан, Ташсай, Иерташ, Дукантсай, Низбаш и др. Сток р.Ангрен зарегулирован водохранилищами сезонного регулирования – Туркским в верховьях реки у с.Турк и Тябугузским – в ее нижнем течении. Для повышения водообеспеченности низовьев р.Ангрен сюда перебрасывается вода из р.Чирчик по Ташкентскому каналу.

Река Келес – самая маловодная в ЧАКИРе, образуется слиянием рек Джузумбук и Джегирин, берущих начало на северо-западных склонах хребта Каржантау. Для обводнения низовьев реки перебрасывается вода из р.Чирчик.

Голодная степь, в прошлом пустынная равнина, расположена в широкой межгорной впадине, ограниченной с юга предгорьями Туркестанского хребта, с запада — горами Нуратинского хребта и Арнасайской впадиной, отделяющей степь от песчаной пустыни Кызылкум, с севера и северо-востока она ограничена Сырдарьей. Источником орошения Голодной степи является р.Сырдарья.

На правом берегу реки находится Дальверзинская степь, которая также орошается водами Сырдарьи.

ЧАКИР относится к числу наиболее водообеспеченных районов бассейна Сырдарьи. Из его ресурсов поверхностного стока в $8,4 \text{ км}^3$ на долю Чирчика приходится $6,9$, Ангrena — $0,7$, Келеса — $0,2$, саев и родников — $0,6 \text{ км}^3$. Как указывалось выше, сток Чирчика по крупным магистралям перераспределяется и подается на орошаемые земли не только собственного бассейна, но и в бассейнах рек Ангрен и Келес.

На р.Чирчик имеется два гидроузла — Газалкентский и Троицкий. Из первого подается вода на правый берег в Чирчик-бозсуйский энерго-ирригационный тракт, питающий водой магистрали Бозсу, Зах, Ханым и каскад ГЭС; на левый берег — в Бостандыкскую ирригационную систему. По каналам Зах и Ханым подается вода в бассейны р.Келес; от Троицкого гидроузла берет начало крупная магистраль — Левобережное Карасу, из которой по Ташкентскому каналу подается вода в бассейн р.Ангрен. Кроме этого имеется несколько водозаборов из р.Чирчик в правобережные и левобережные каналы. В р.Чирчик сбрасывают воду 47 коллекторов и дрен (рис.8).

Комплекс сооружений верхнего гидроузла на р.Ангрен состоит из Туркского водохранилища емкостью 255 млн. м^3 , обводного канала и головного сооружения для водоснабжения Ангренской ГРЭС. Орошение из р.Ангрен начинается от Туркского гидроузла и обеспечивается не только водами Ангrena, но и саями и родниками. Ниже по течению расположен Шаркинский гидроузел, от которого питаются наиболее крупные каналы Таначибука, Ярдам, Пскент, Сакал. В нижнем течении

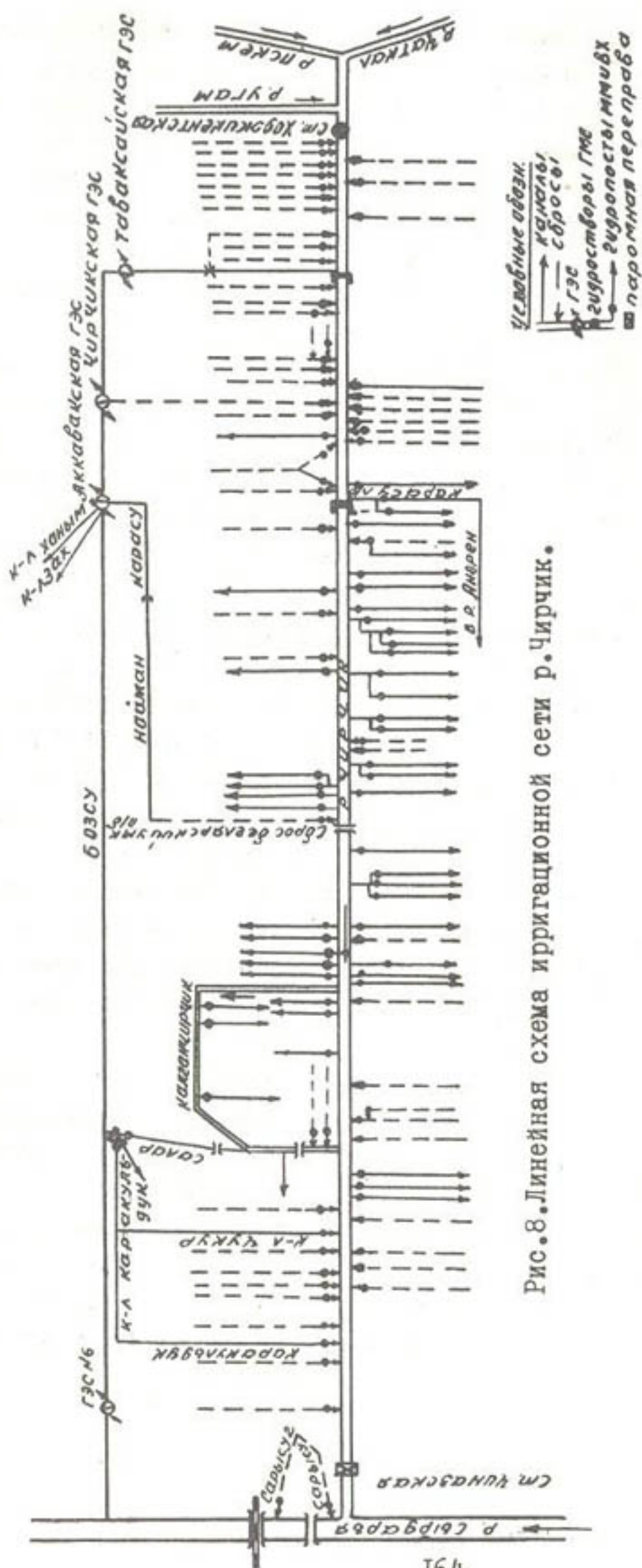


Рис. 8. Линейная схема ирригационной сети р. Чирчик.

реки находится Тябугузское (Ташкентское) водохранилище емкостью 250 млн.м³ (рис.9).

На всем протяжении р.Ангрен от с.Турк до устья имеется большое число водозаборов как на правом, так и на левом берегу и коллекторов, сбрасывающих воду в русло реки; наиболее крупными из них являются Карасу - I, Карасу - II, им.Коммунизма и др.

Верхняя часть бассейна р.Келес орошается ее водами и водами притоков и родников. Из крупных каналов здесь можно назвать Джаскесу - I и Джаскесу - II (рис.10).

Для орошения нижележащих земель в р.Келес перебрасывается вода из р.Чирчик через концевую часть канала Зах. Для обеспечения водозабора в каналы из р.Келес имеется три перегораживающих сооружения. Дренажные воды поступают в реку по коллекторам и дренам.

По имеющимся данным представилось возможным составить русловые балансы по участкам р.Сырдарья по р.Чирчик, Ангрен, Келес.

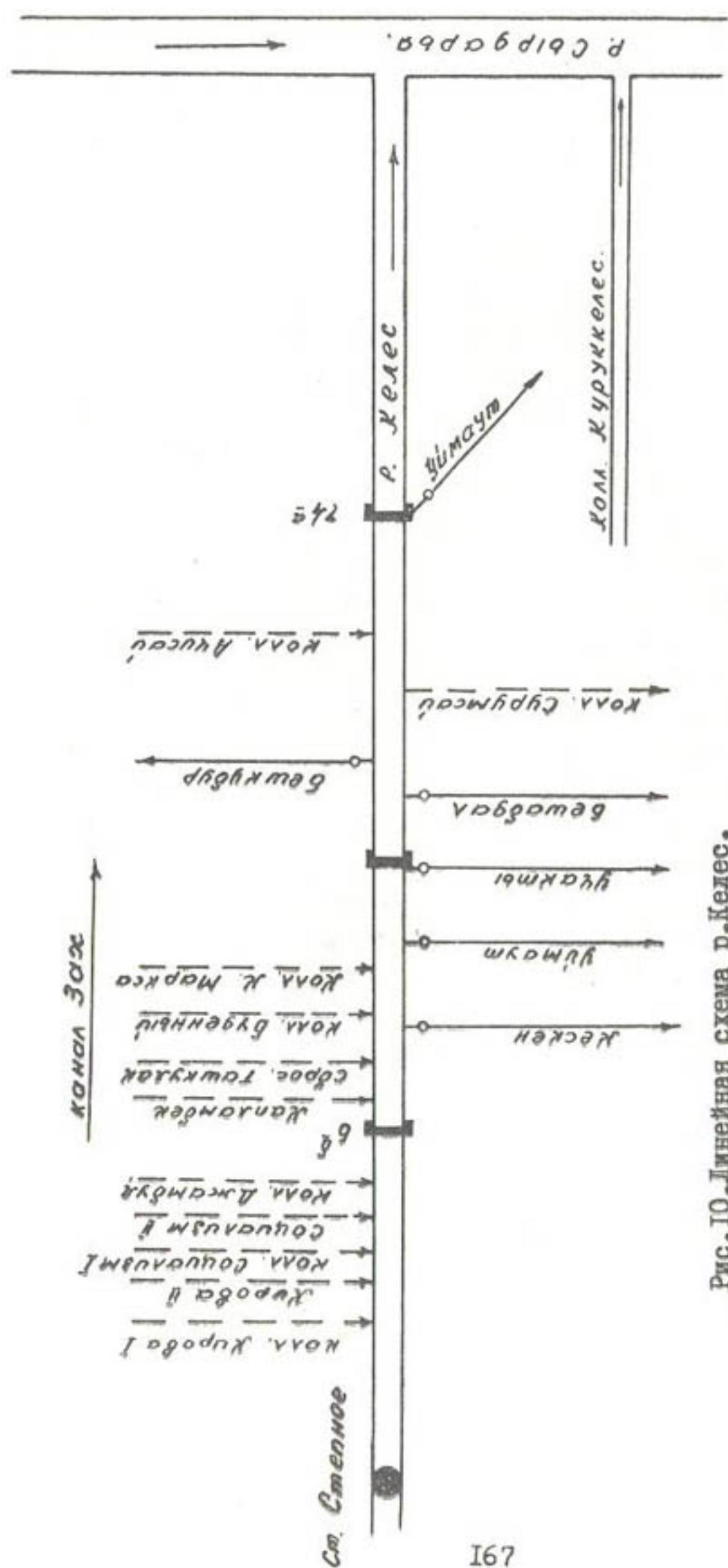
В пределах Ферганской долины были произведены балансовые расчеты по р.Сырдарья на пяти участках (I-5), в ЧАКИРе по двум (6-7), на реках Чирчик, Ангрен и Келес - по одному участку на каждой.

На р.Сырдарья шестой балансовый участок ограничен створами станций Бекабад и Надеждинская, а седьмой, Надеждинская - Чардара.

Расчетный период для этих участков принят с 1952 по 1966 гг. по наличию достоверных данных о водозаборах и сбросах. Водозабор на VI участке складывается из подачи воды в каналы Верхний и Нижний Дальверзин, Деривационный Фархадской ГЭС и на несколько небольших водокачек.

В р.Сырдарья поступает вода по сбросам и 18 коллекторам, наиболее крупными из которых являются Калгансырский, Алкакуль, Улавливающий и Хакаские дрена.

На шестом балансовом участке р.Сырдарья суммарный водозабор в каналы за расчетный период изменялся от 380-400 м³/сек в начале до 430-490 - в конце. Расходы воды



Условные обозначения

- каналы
- сбросы и коллекторы
- гидротехнич. сооружения
- гидростанции
- гидростанция Г.М.С.

Рис. 10. Линейная схема р. Келес.

по коллекторам и сбросам за тот же период (суммарные), колебались в пределах 170–330 м³/сек^{х/}. Результаты расчета руслового баланса на участке указали на превалирование русловой приточности над потерями, что свидетельствует об отсутствии заметного влияния подрусловой емкости на регулирование стока. Потери за отдельные месяцы являются, по-видимому, следствием недостаточно точной оценки элементов баланса за эти отрезки времени.

На седьмом балансовом участке р.Сырдарьи водозабор в каналы практически отсутствует, за исключением небольших, временно действующих насосных станций. Поступление воды в русло реки по коллекторам и сбросам колебалось от 103 до 299 м³/сек. Русловая приточность неустойчива как по величине, так и по знаку, и меняется до нескольких десятков м³/сек.

Русловой баланс р.Чирчик составлялся на участке от Газалкентского гидроузла до устья (ст.Чиназская) за период 1954–1968 гг. Водозабор в ирригационные каналы за расчетный период колебался в пределах 183–241 м³/сек. Поступление же воды в русло Чирчика по коллекторам и сбросам за тот же период изменялось от 40 до 92 м³/сек, а боковая приточность от 4 до 9,4 м³/сек. Расчеты руслового баланса показали, что из 14-летнего расчетного ряда в течение 10 лет отмечена устойчивая приточность, а за четыре года – перемежение приточности с потерями. Приточность изменялась от 5–6 м³/сек до 54.

Русловой баланс р.Ангрен составлялся на участке от ст.Турк до ст.Солдатская (устье) за период 1960–1968 гг. Водозабор в каналы за расчетный период изменялся от 13 до 19 м³/сек, а поступление воды по коллекторам и сбросам – от 5 до 35 м³/сек. Суммарная боковая приточность по саям за этот период колебалась от 6 до 15 м³/сек.

х/ Здесь и в последующем даны среднегодовые расходы воды.

По р.Келес, ввиду отсутствия необходимых данных, русловой баланс был составлен только за 1963 гидрологический год, имеющий все элементы для балансовых расчетов. Результаты расчета показали наличие русловой приточности порядка $5 \text{ м}^3/\text{сек.}$

По Голодной степи, ввиду отсутствия необходимых данных, русловой баланс не составлялся.

Возвратные воды ЧАКИРа и Голодной степи

На шестом балансовом участке р.Сырдарья русловая приточность формируется за счет русловых возвратных и грунтовых вод, боковая приточность практически отсутствует. По ориентировочным подсчетам приток грунтовых вод оценивается в $7 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Русловая приточность за расчетный период изменялась от нескольких кубометров до $35-40 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Русловые возвратные воды на шестом участке приближенно оценены в $10 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Анализ результатов расчета руслового баланса на седьмом балансовом участке р.Сырдарья показал, что величина русловых возвратных вод очень мала, находится в пределах точности измерений.

Внутрисистемные возвратные воды, учитываемые в устьях коллекторов, на УІ участке характеризуются данными табл.8. За расчетный период они изменялись в пределах $5-16 \text{ м}^3/\text{сек}$ при среднемноголетней величине $12,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Общие ресурсы возвратных вод на УІ участке составляют $22,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$

На УП балансовом участке внутрисистемные возвратные воды за последние годы довольно стабильны, колебались от 20 до $28 \text{ м}^3/\text{сек.}$ при среднемноголетней величине $23 \text{ м}^3/\text{сек}$ (табл.9). Поскольку русловые возвратные воды здесь отсутствуют, общие ресурсы возвратных вод характеризуются внутрисистемными возвратными водами.

Суммарный водозабор на орошение можно определить только совместно для УІ и УП участков, он составляет $133 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Таблица 8

Суммарные расходы воды по коллекторам на УІ балансовом
участке р. Сырдарья, м³/сек

Год	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	Средне- годо- вой
1952-1953	6,26	9,34	10,8	11,5	11,1	10,22	4,93	0,65	0,36	0,54	0,55	0,51	5,56
1953-1954	8,67	9,83	9,94	10,74	14,15	12,01	10,9	9,3	8,55	6,54	6,67	13,8	10,09
1954-1955	14,36	10,88	22,5	25,04	22,5	18,98	12,95	9,42	8,83	9,49	8,44	8,48	16,15
1955-1956	9,56	11,35	17,1	17,42	18,9	21,74	10,11	9,80	8,2	6,27	5,39	6,85	11,89
1956-1957	7,85	13,06	14,34	13,74	13,25	14,28	9,58	6,61	8,67	3,44	6,52	6,27	9,79
1957-1958	5,82	13,31	13,87	13,74	13,44	14,58	11,50	9,47	9,89	3,83	6,47	6,94	10,22
1958-1959	12,77	12,59	18,68	19,5	18,4	15,41	11,9	9,64	10,1	3,78	3,8	6,47	11,75
1959-1960	15,67	17,58	19,23	27,0	19,2	12,4	12,6	12,6	10,6	9,6	9,98	7,53	13,66
1960-1961	1,44	22,3	23,75	25,23	24,2	17,97	13,97	11,67	16,97	10,64	14,5	10,9	16,14
1961-1962	11,5	18,14	23,9	21,11	21,8	18,4	16,65	11,3	11,45	12,66	12,2	8,3	15,61
1962-1963	11,43	15,1	18,9	22,8	24,8	23,9	16,9	11,9	9,8	9,37	9,06	6,43	15,03
1963-1964	16,4	17,3	17,1	22,0	23,3	22,0	16,8	12,3	11,0	9,1	7,32	8,12	15,22
1964-1965	15,1	16,6	23,0	28,0	27,4	21,9	16,7	12,96	9,63	4,7	3,6	4,3	15,32
1965-1966	10,0	13,7	15,9	17,2	15,7	14,6	11,0	7,6	6,2	8,45	8,2	6,8	11,28
1966-1967	10,3	17,5	19,2	21,4	22,2	17,8	12,6	11,1	9,9	5,8	5,7	5,4	13,20
Средне- много- летний	10,40	15,24	17,88	19,76	19,35	17,08	12,60	9,75	9,34	6,94	7,22	7,14	12,72

Таблица 9

Суммарные расходы воды по коллекторам на УП балансовом
участке р. Сырдарья, м³/сек

Год	IУ	У	УI	УП	УШ	IX	X	XI	XII	I	II	III	Сред- него- довой
1962-1963	20,68	13,6	16,38	17,38	24,84	26,73	15,14	14,07	13,27	25,34	36,01	17,82	20,00
1963-1964	21,31	21,1	28,09	28,24	19,78	20,03	11,32	8,13	6,64	11,25	36,80	29,11	20,20
1964-1965	18,71	21,3	36,41	43,17	47,05	38,39	23,84	18,42	18,92	27,39	24,64	18,89	28,0
1965-1966	14,67	18,8	31,31	27,97	18,54	17,42	15,72	14,12	19,16	38,18	13,01	20,33	20,7
1966-1967	22,09	30,4	32,89	39,44	31,09	22,82	19,28	18,26	32,53	31,47	18,14	15,09	26,00
Средне- многолет- ний	19,48	21,0	29,0	31,2	28,2	25,0	17,12	14,6	18,01	26,72	25,72	20,2	23,00

Суммарные расходы воды, поступающие

Год	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1954-1955	10,096	6,659	8,677	9,164	7,108	9,179
1955-1956	7,386	16,173	18,269	15,599	11,915	8,864
1956-1957	6,316	8,615	9,025	8,759	4,332	4,156
1957-1958	4,736	4,543	8,229	3,859	3,085	2,494
1958-1959	4,696	4,822	6,679	3,959	3,225	4,824
1959-1960	4,856	7,543	14,969	9,099	9,325	9,784
1960-1961	3,719	14,401	17,116	15,357	13,995	16,399
1961-1962	6,684	10,88	4,883	3,129	2,975	3,944
1962-1963	6,334	8,431	17,366	7,405	5,067	9,806
1963-1964	12,381	14,812	13,856	10,316	10,098	9,93
1964-1965	12,209	14,009	17,834	19,129	14,349	11,691
1965-1966	6,90	7,157	6,679	2,822	2,045	5,410
1966-1967	7,661	11,514	15,464	7,319	10,028	13,226
1967-1968	7,699	11,062	10,772	7,246	4,414	7,415
Средне-многолет-ний	7,262	10,04	12,13	8,792	7,283	8,366

Таблица 10

в р.Чирчик по коллекторам, м³/сек

X	XI	XII	I	II	III	Средне-годо-вой
12,667	9,871	7,870	3,29	2,953	4,27	7,65
9,288	4,401	4,00	4,06	3,293	4,05	8,94
5,558	6,131	6,61	4,01	3,343	4,11	5,91
6,567	5,906	4,8	3,06	3,091	3,017	4,45
12,878	6,751	6,64	3,39	2,293	2,48	5,22
8,848	5,721	6,15	1,987	2,031	2,208	6,88
6,171	3,628	4,113	3,545	4,151	6,495	9,09
11,092	5,285	4,482	4,767	4,984	3,298	5,53
8,970	7,811	7,536	6,74	7,02	8,32	8,40
11,103	8,598	4,705	6,38	8,63	11,395	10,0
11,395	7,605	6,905	3,952	3,457	3,97	10,54
8,389	6,31	4,448	3,84	4,924	5,174	5,34
6,921	4,024	2,826	2,316	3,068	4,089	7,37
6,899	3,098	2,868	-	-	-	6,82
9,053	6,08	5,282	3,949	3,095	4,837	6,65

На обоих балансовых участках (Бекабад — Чардара) ресурсы возвратных вод оцениваются в $45,7 \text{ м}^3/\text{сек}$, а с учетом поверхностных сбросов (около 5%) — $43,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 33% от водоподачи на орошение.

В бассейне р.Чирчик русловая приточность за расчетный период составляла $25,8 \text{ м}^3/\text{сек}$, приток грунтовых вод приближенно оценивается в $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$, отсюда средний сток русловых возвратных вод равен $24,3 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Суммарный расход воды по коллекторам, сбрасывающим воду в р.Чирчик, изменялся от $5,2$ до $10,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ при среднемноголетней величине $6,65 \text{ м}^3/\text{сек}$ (табл.10). Они количественно характеризуют внутрисистемные возвратные воды.

Ресурсы возвратных вод в бассейне р.Чирчик равны $31 \text{ м}^3/\text{сек}$, а за вычетом поверхностных сбросов (5%) — $29,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Водозабор на орошение за расчетный период изменялся от $66,5$ до $121,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ при среднемноголетней величине $87,0 \text{ м}^3/\text{сек}$. По отношению к водозабору на орошение возвратные воды составляют 34%.

В бассейне р.Ангрен русловые возвратные воды в среднем за расчетный период (1960–1967 гг.) равны $6,20 \text{ м}^3/\text{сек}$. Внутрисистемные возвратные воды, учитывающиеся в устьях коллекторов, колебались от $1,7$ до $8,6 \text{ м}^3/\text{сек}$ при среднемноголетней величине $5,6 \text{ м}^3/\text{сек}$. Приток грунтовых вод в русло реки ориентировочно оценивается в $2 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Ресурсы возвратных вод в бассейне составляют около $4,8 \text{ м}^3/\text{сек}$, а по отношению к водозабору на орошение ($15,0 \text{ м}^3/\text{сек}$) — 32%.

В бассейне р.Келес русловые возвратные воды оценить не представилось возможным из-за перетока ирригационных вод из бассейна р.Чирчик. Внутрисистемные возвратные воды ориентировочно равны $3 \text{ м}^3/\text{сек}$, а водозабор на орошение — 14 , т.е. возвратные воды составляют около 20% от последних.

По орогидрографическим условиям Голодной степи (рис.11) представляется возможным учесть только внутрисистемные возвратные воды, так как русловые возвратные воды поступают непосредственно в р.Сырдарья как по левому,

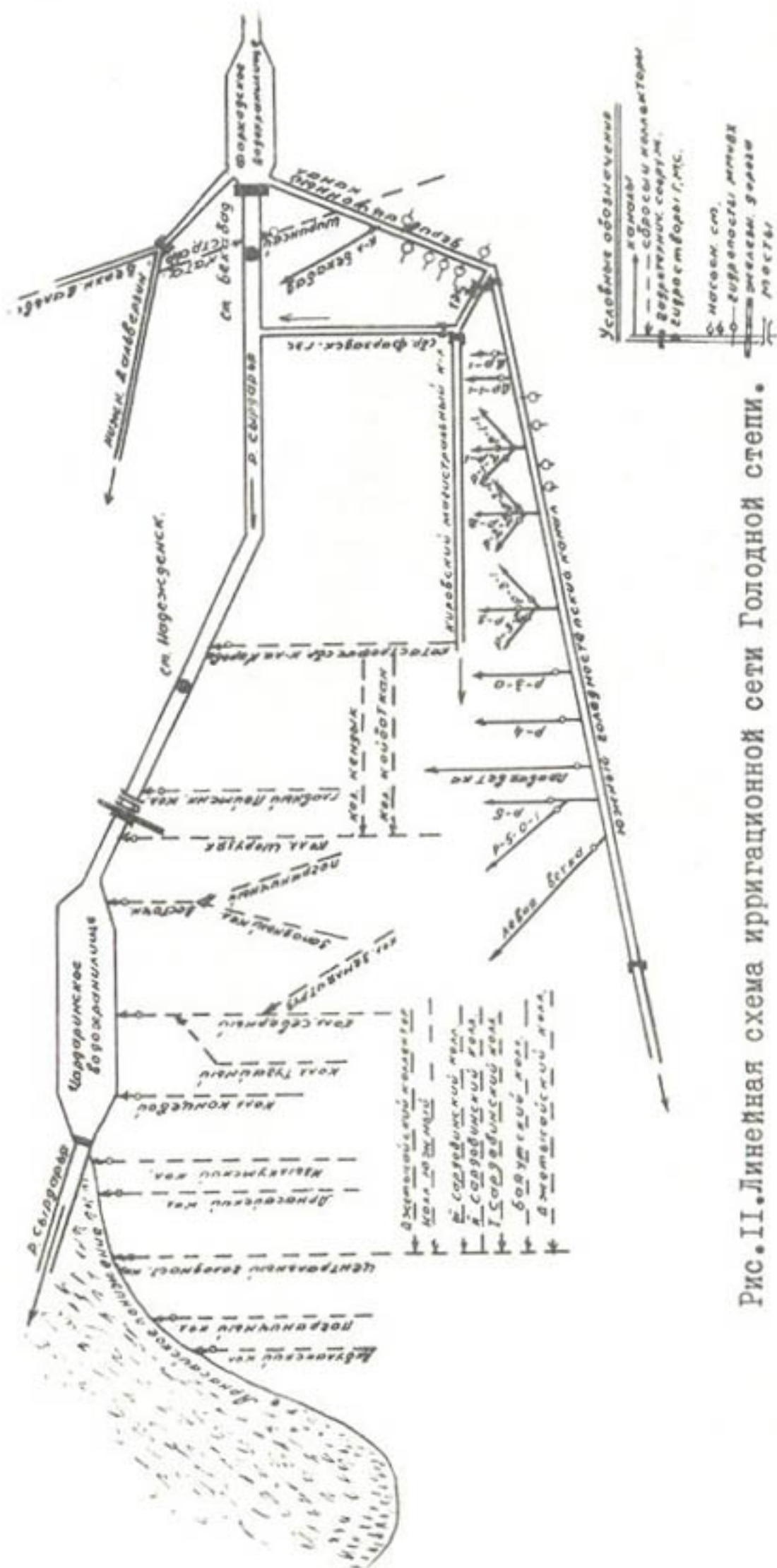


Рис. II. Линейная схема ирригационной сети Голодной степи.

так и по правому берегу и по величине весьма малы (УП балансовый участок). Суммарное поступление воды по коллекторам в р.Сырдарья и Арнасайскую впадину колебалось в пределах 25–32 м³/сек (табл. II). Эти сбросы количественно характеризуют внутрисистемные возвратные воды Голодной степи; по отношению к суммарной водоподаче на орошение 120 м³/сек они составляют 24%. Полагаем, что величина возвратных вод Голодной степи несколько занижена из-за неучета части внутрисистемных и русловых возвратных вод.

Общие ресурсы возвратных вод на участке р.Сырдарья от Бекабада до Чардары характеризуются следующими данными.

Русловые возвратные воды, м³/сек: р.Сырдарья – 10; р.Чирчик – 24,3; р.Ангрен – 1,2.

Внутрисистемные возвратные воды, м³/сек: р.Сырдарья – 35,7; р.Чирчик – 6,7; р.Ангрен – 3,6; р.Келес – 3,0; Голодная степь – 28,4.

Общие ресурсы возвратных вод ЧАКИРа, м³/сек: р.Сырдарья – 45,7; р.Чирчик – 31,0; р.Ангрен – 4,8; р.Келес – 3,0; Голодная степь – 28,4.

Водозабор на орошение, м³/сек: в бассейнах р.Сырдарья (Бекабад–Чардара) – 133; Чирчик – 87; Ангрен – 15; Келес – 14; в Голодной степи – 120.

Общие ресурсы возвратных вод ЧАКИРа и Голодной степи по абсолютной величине составляют 107 м³/сек, а по отношению к водозабору на орошение – округленно 30%.

Арысь – Туркестан (АРТУР)

Ниже Чардары, на участке до Тюменьарыка в р.Сырдарья справа впадает последний приток р.Арысь. Сток рек, стекающих с хребта Каратау, доходит до Сырдарьи только в очень многоводные годы.

На участке Чардара – Тюменьарык из р.Сырдарья забирают воду 36 ирригационных каналов с суммарным водозабором около 37 м³/сек^{х/}. Коллекторов и сбросов здесь нет.

^{х/} Все характеристики по АРТУРу и низовьям даны по материалам гидрологического года (1963 г.).

Таблица II

Суммарные расходы воды по коллекторам Голодной степи,
впадающим в р. Сырдарья и Арнасай, м³/сек

Год	IV	У	У I	У II	У III	IX	X	XI	XII	I	II	III	Средне- :ГОДО- :ВОЙ
1962-1963	26,1	18,7	22,6	27,8	31,8	33,1	19,8	17,7	16,7	29,9	41,3	21,6	25,6
1963-1964	28,3	30,3	41,8	42,3	32,3	28,7	16,1	12,8	10,4	12,8	47,0	34,6	28,0
1964-1965	18,1	19,8	40,2	45,1	48,7	33,4	20,4	15,3	17,5	32,8	32,6	24,1	29,8
1965-1966	19,5	20,5	38,9	35,6	22,3	19,7	17,3	17,3	30,2	52,3	20,6	26,0	26,6
1966-1967	28,2	36,4	46,5	53,8	46,2	27,8	24,2	21,3	41,5	27,3	16,5	14,5	32,0
Средне- много- летний	24,0	25,1	38,0	41,0	36,2	28,5	19,5	16,8	23,2	31,2	31,6	24,2	28,4

В бассейне р.Арысь забор воды на орошение производится 286 каналами с суммарным водозабором $62 \text{ м}^3/\text{сек}$. Сброс коллекторно-дренажных вод осуществляется по 16 коллекторам с суммарным расходом $9 \text{ м}^3/\text{сек}$. Сток реки регулируется сезонным Бугуньским водохранилищем и 12 прудами. По расчетам руслового баланса (1963 г.) установлен приток русловых возвратных вод в $7 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Мелкие реки, стекающие с юго-западного склона хребта Каратау, и изолированные источники имеют суммарный сток порядка $14 \text{ м}^3/\text{сек}$, который полностью используется на орошение.

Возвратные воды АРТУРа

Оценка возвратных вод произведена весьма приближенно по материалам только одного 1963 г. (гидрологический год).

На участке Чардара – Тюменьарык р.Сырдарья не имеет русловых возвратных вод, так как по природным условиям она не является естественной дренажной. Она также не принимает внутрисистемные возвратные воды, которые с орошаемой территории в реку не поступают, а остаются в ее пределах. Оценка количества возвратных вод произведена по аналогии с изученным бассейном Амударьи в размере $9 \text{ м}^3/\text{сек}$ (25% от водозабора).

В бассейне р.Арысь возвратные воды приближенно оценены в $16 \text{ м}^3/\text{сек}$, из них $7 \text{ м}^3/\text{сек}$ – русловые и $9 \text{ м}^3/\text{сек}$ внутрисистемные. По отношению к водозабору они составляют 26%.

Возвратные воды с территории, орошаемой реками, стекающими с хребта Каратау, также оценены приближенно в $4 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Общие ресурсы возвратных вод АРТУРа составляют $29 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 24% от водозабора на орошение.

Низовья р.Сырдарья

В нижнем течении р.Сырдарья различают два участка: от Чардары до Казалинска и от Казалинска до устья (дельта), где река протекает в прирусловых валах и несколько возвышается над прилегающей местностью. Берега — низкие, легко размываемые. В паводок и зимой при зажорно-заторных явлениях вода выходит из берегов и заливают большие пространства.

Ниже Казалинска начинается дельта р.Сырдарья, которая имеет обособленные системы разливов — по главному руслу и притоку Аксай.

На участке Тюменьбарык — Казалинск из Сырдарьи забирают воду 75 каналов и несколько насосных установок с общим расходом 114 м³/сек. Для обеспечения водозабора в крупные каналы — Левобережный, Жанадарья и Правобережный, на реке построена Кызыл-Ординская плотина. Канал Жанадарья используется для обводнения пастбищ, его средний расход — 25 м³/сек; Правобережный и Левобережные каналы орошают прилегающие земли, их средний расход — 89 м³/сек.

В дельте реки имеется Левобережный канал со средним расходом 11,5 м³/сек.

Суммарный забор воды на орошение в низовьях р.Сырдарья составляет около 100 м³/сек.

Возвратные воды низовьев Сырдарьи

Возвратные воды низовьев в р.Сырдарья не поступают, так как она, подобно оросительному каналу, возвышается над прилегающей местностью. Возвратные воды представлены здесь внутрисистемными, в пределах оросительных систем. Количество их оценено ориентировочно в 20 м³/сек в размере 20% от водозабора на орошение (по аналогии с низовьями Амударьи).

Общие ресурсы возвратных вод в бассейне р.Сырдарья

Общие ресурсы возвратных вод в бассейне р.Сырдарья характеризуются данными табл.12.

Таблица 12

Часть бассейна	:Водоза- бор на орошение:	:Возвратные воды ^{х/} : м ³ /сек : км ³	:% от :водоза- бора
Ферганская долина	548	202	6,35 . 37
ЧАКИР и Голодная степь	369	107	3,36 30
АРТУР	113	29	0,91 24
Низовья	100	20	0,63 20
Всего по бассейну	1130	358	11,25 32

Приведенные данные показывают, что более полови-
ны стока возвратных вод приходится на Ферганскую долину,
около трети — на ЧАКИР и Голодную степь и около 14%
на АРТУР и низовья.

По отношению к водозабору на орошение наиболь-
ший процент (37%) также падает на верхнюю часть бассей-
на, обладающую высокой естественной и искусственной
дренированностью. В средней части бассейна доля возврат-
ных вод составляет от 1/3 до 1/4, а в низовьях — око-
ло 1/5 от водозабора на орошение.

^{х/} Уменьшенные на поверхностный сброс с орошаемых
полей на 5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов Р.А., Решеткина Н.М. Вопросы мелиорации и перспективность применения вертикального дренажа в новой зоне орошения Голодной степи. Сб. "Голодная степь". СОПС АН УзССР, Ташкент, 1964.
2. Амелин А.Г., Бородин Р.В. и др. Результаты гидрогеологических исследований в долине р.Ангрен для решения вопроса водоснабжения Алмалыкского промышленного узла и подсчет запасов подземных вод для водоснабжения. Ташкент, Фонды Узбекского гидрогеологического треста, т. I, 1953.
3. Васютинская А.Б. Гидрогеологические условия Верхне-Чирчикского района Ташкентской области УзССР. Ташкент, Фонды Узбекского гидрогеологического треста, 1961.
4. Вабе С., Волков В. Схема комплексного использования водных ресурсов бассейна р.Сырдарья. Гидрогеологический очерк среднего течения р.Сырдарья. Голодная степь. Ташкент, Фонды Средазгипроводхлопка. 1968.
5. Васильковский Н.П. К стратиграфии четвертичных отложений Ферганы. Материалы по геологии Средней Азии, Ташкент, 1935, вып.2.
6. Водохозяйственный баланс бассейна р.Сырдарья (Первый этап), часть I. Научный отчет 1968 г. Фонды Московской лаборатории ГТИ.
7. Гейнц В.А., Голосова А.А. Сводный отчет Ферганской гидрогеологической станции за 1950-1960 гг. Фонды Узбекского гидрогеологического треста, 1962.
8. Гидрологический год в бассейне р.Сырдарьи. Сводные результаты предварительного обобщения материалов. Гидропроект. Фонды гидропроекта, 1964.
9. Голодная степь. Внешторгиздат, Ташкент, 1966.
10. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. Гидрометиздат, Л., 1959.

11. Кенесарин Н.А., Гейнц В.А. Ресурсы подземных вод Узбекистана и перспективы использования их в народном хозяйстве. Узбекский геологический журнал, 1961, № 5.
12. Кенесарин Н.А., Султанходжаев А.Н., Мирзаев С.Ш. Подземные воды Узбекистана как объекты сельскохозяйственного использования. Изд-во АН УзССР, Ташкент, 1964.
13. Монография. Основные проблемы развития производительных сил Ферганской долины. Изд-во АН УзССР, Ташкент, 1954.
14. Решеткина Н.М. Ферганский гидрогеологический бассейн. Доклады АН УзССР, 1951, № 6.
15. Светицкий В.П. Дополнительные водные ресурсы Ферганской долины. Вопросы гидротехники, вып.20. САНИИВПИГ АН УзССР, Ташкент, 1964.
16. Светицкий В.П., Мавлянибердыева Н.Б. Характеристика эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства на ирригационных водозаборах, сбросах и коллекторах Ферганской долины. Вопросы гидротехники, вып.20. САНИИВПИГ АН УзССР, Ташкент, 1964.
17. Светицкий В.П., Милькис Б.Е., Рубинова Ф.Э. Методы оценки водных ресурсов. ООН. Международный семинар "Комплексное использование водных ресурсов", 1966.
18. Светицкий В.П. Вопросы методики исследований возвратных вод. Изв. АН УзССР (сер.техн.наук) № 3, 1967.
19. Светицкий В.П. Возвратные воды в верховьях бассейна Амударьи. Тр.САНИИРИ, вып.113, Ташкент, 1967.
20. Ходжибаев Н.Н., Есенбеков А., Умаров У. Влияние Южного Голодностепского канала на режим подземных вод и мелиоративное состояние земель. Сб."Голодная степь". СОПС АН УзССР, Ташкент, 1964.
21. Ходжибаев Н.Н., Мирзаев С.Ш., Сладкова Л.В. Гидрогеологический очерк бассейнов р.р.Чирчик, Ангрен и Келес. Схема комплексного использования водных ресурсов бассейна р.Сырдарьи. Фонды Средазгипроводхлопка, 1968.

22. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометиздат, Л., 1965.
23. Шмидт М.А. Схема взаимоотношения поверхностного и подземного стока и условия образования возвратных вод Ферганской котловины. Фонды Гидроингео, 1936.

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ р.АХАНГАРАН

Отдел охраны водных источников САНИИРИ в 1964-1965 гг. исследовал степень загрязнения р.Ахангаран. Изучались количественные и качественные характеристики режимов сбросов основных загрязнителей р.Ахангаран и степень загрязнения по химическим и биолого-бактериологическим показателям.

Основные загрязнители реки — Угольный разрез, шахта № 9, ГРЭС, городские очистительные сооружения г.Ангрен и джуто-кенафные предприятия, расположены в нижнем течении ее.

Величина производственного сброса Угольного разреза составляет 14500 м³/сутки, хозяйственно-бытового — 500 м³/сутки. Стоки Угольного разреза загрязняют р.Ахангаран взвешенными веществами, содержащимися в пределах до 305840 мг/л. Сточные воды шахты № 9 содержат взвесей до 4068 мг/л; минерализация их — 2200 мг/л и общая жесткость — 27,7 мг·экв.

Ангренская ГРЭС сбрасывает в реку 15 м³/сек вод (28-30°) при работе по прямоточной системе и 3,2 м³/сек — при работе по смешанной системе водоснабжения. Загрязненные сточные воды после химводоочистки и гидрозолоудаления поступают в р.Ахангаран — с золоотвала до 0,5 м³/сек, со шлакоотвала до 0,30 м³/сек. Стоки ГРЭС оказывают значительное влияние на температурный режим реки, увеличивая в отдельные сезоны года температуру воды на 15° по сравнению с предыдущим створом.

В стоках джуто-кенафных предприятий, расположенных в нижнем течении р.Ахангаран, содержатся значительные количества органического вещества: их БПК₅ достигает 60 мг/л, окисляемость 320 мг/л O₂.

Влияние хозяйственно-бытовых сбросов на реку определено по данным С.Н.Строганова.

Компоненты	Величина сброса, т/год		
	1965 г.	1970 г.	1980 г.
Взвешенные вещества	4,58	6,9	10,3
Азот аммонийный	0,1	0,14	0,2
Хлориды	0,1	0,14	0,2
Окисляемость	8,00	12,5	16,8
БПК ₅	3,0	4,7	7,9

Исследования химического и биолого-бактериологического загрязнения р.Ахангаран проводили по II створам: Чалисайскому, Туркскому, Аблыкскому, Гульбяхскому, Карах-тайскому, Алмалыкскому, Чигирикскому, Тябугузскому, Ак-курганскому, после кенафного завода, в устье р.Ахангаран. Створы устанавливали из расчета определения влияния на качество воды стоков крупных промпредприятий и городских очистных сооружений, водохранилища и естественного самоочищения реки.

Исследования качества воды р.Ахангаран по химическим показателям дали следующие результаты: температура воды реки изменяется от 1°C в Туркском створе (14.П-65) до 29°C в Аккурганском (28.У-65). Минимальная температура наблюдается в створе Чалисай.

В Аблыкском створе температура воды резко возрастает вследствие сброса стоков ТЭЦ. Так, зимой она повышается по сравнению с Туркским створом на 14°, а весной и летом — на 6,5°. В конечных створах р.Ахангаран резкого колебания температуры воды нет.

Промстоки Угольного разреза, содержащие до 305800 мг/л взвесей, поступают в гидроотвал для осветления. После отстаивания осветленная вода сбрасывается в р.Ахангаран. В этом случае содержание взвесей увеличивается зимой до 60,5 мг/л, весной до 86,6 мг/л, летом до 122 мг/л, осенью до 17,2 мг/л. Однако в случае аварийного сброса Угольного разреза его промстоки, минуя гидроотвал, попадают в р.Ахангаран. При этом содержание взвесей, по данным Укрводоканалпроекта, у места сброса со-

ставляет свыше 228000 мг/л, в Алмалыкском — 380 мг/л, в зоне подпора Тябугузского водохранилища из-за аккумуляции взвесей — до 1800 мг/л (рис.1). Вода в реке приобретает темно-серый цвет, который сохраняется на протяжении 50 км от Угольного разреза.

Содержание взвешенных веществ в воде р.Ахангаран в 1965 г. составляло 0—284 мг/л. Минимальное количество взвесей наблюдалось в летний период, максимальное — в весенний и зимний.

Среднегодовая минерализация воды р.Ахангаран за 1964 г. колеблется от 90 до 680 мг/л. Максимальная минерализация отмечена в створе устья р.Ахангаран, минимальная — в створах Чалисайском и Туркском.

Данные по плотному остатку за 1965 г. в Чалисайском и Туркском створах незначительно отличаются от среднегодовых результатов 1964 г. (рис.2). Так, зимой плотный остаток составляет в Туркском 116 мг/л; весной в Чалисайском — 72,0 мг/л, Туркском — 80,0 мг/л; летом в Чалисайском — 84,0 мг/л, Туркском — 94,0 мг/л; осенью в Чалисайском — 86,0 мг/л, Туркском — 100 мг/л (табл.1, 2, 3, 4).

В Абылском створе минерализация несколько увеличивается (до 234 мг/л) за счет промышленных сбросов г.Ангрена. В Гульбахском, Алмалыкском и Чигирикском створах она изменяется незначительно — в пределах 182—286 мг/л. Максимальные концентрации плотного остатка наблюдаются в зимний период, минимальные — в весенний.

В Аккурганском створе, а также в створах после кенафного завода и устья р.Ахангаран плотный остаток повышается. Так, в Аккургане он составляет: зимой — 482 мг/л, весной — 510, летом — 432, осенью — 580 мг/л; в створе после кенафного завода: зимой — 622 мг/л, весной — 670, летом — 586 мг/л; в створе устья р.Ахангаран: зимой — 1156,0 мг/л, весной — 1346, летом — 1356, осенью — 930 мг/л. Основная причина повышения минерализации в конечных створах р.Ахангаран — сбросы коллекторно-дренажных вод.

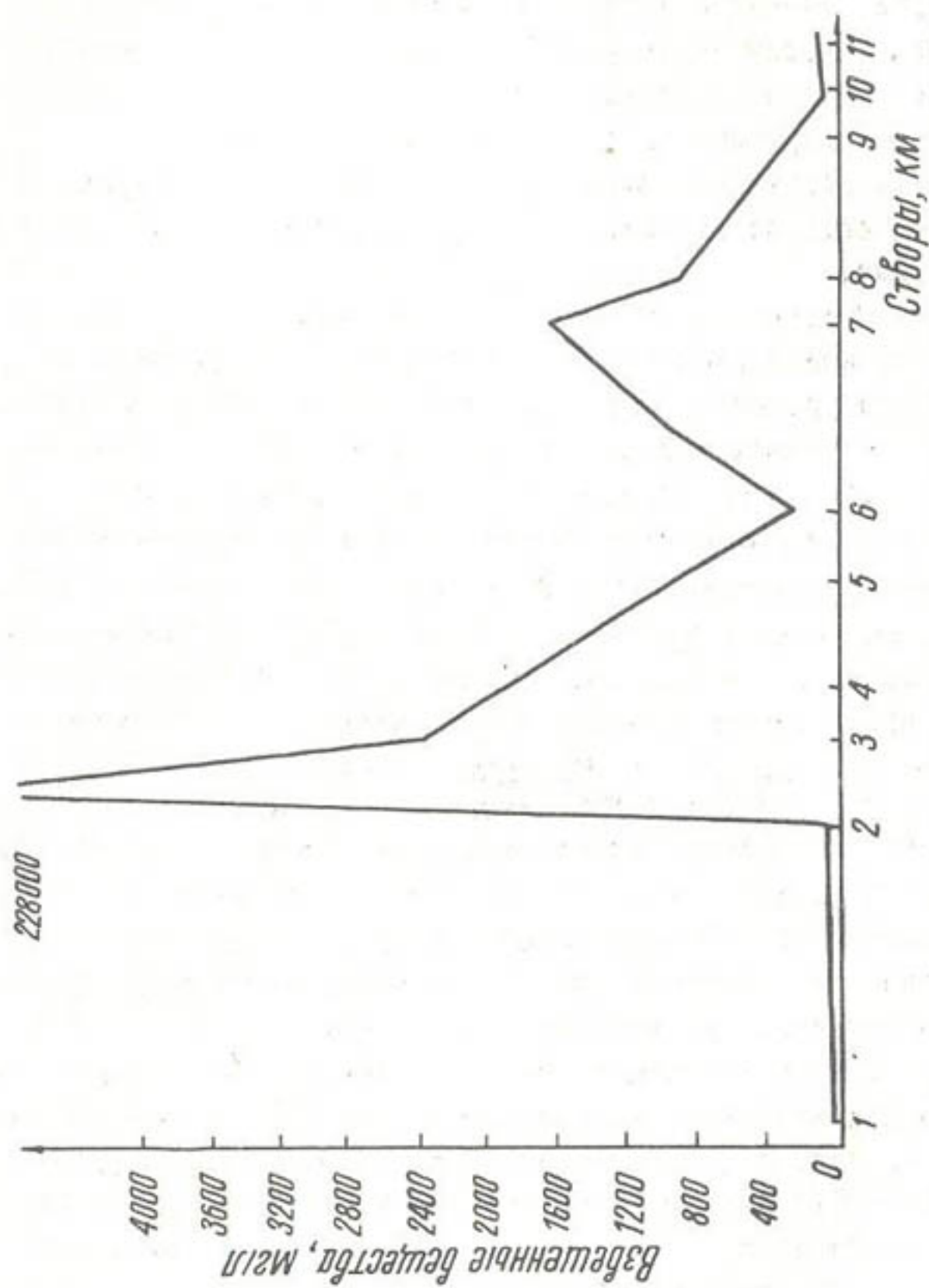


Рис. 1. Содержание взвешенных веществ в р. Ахангаран при аварийном сбросе угольного разреза.

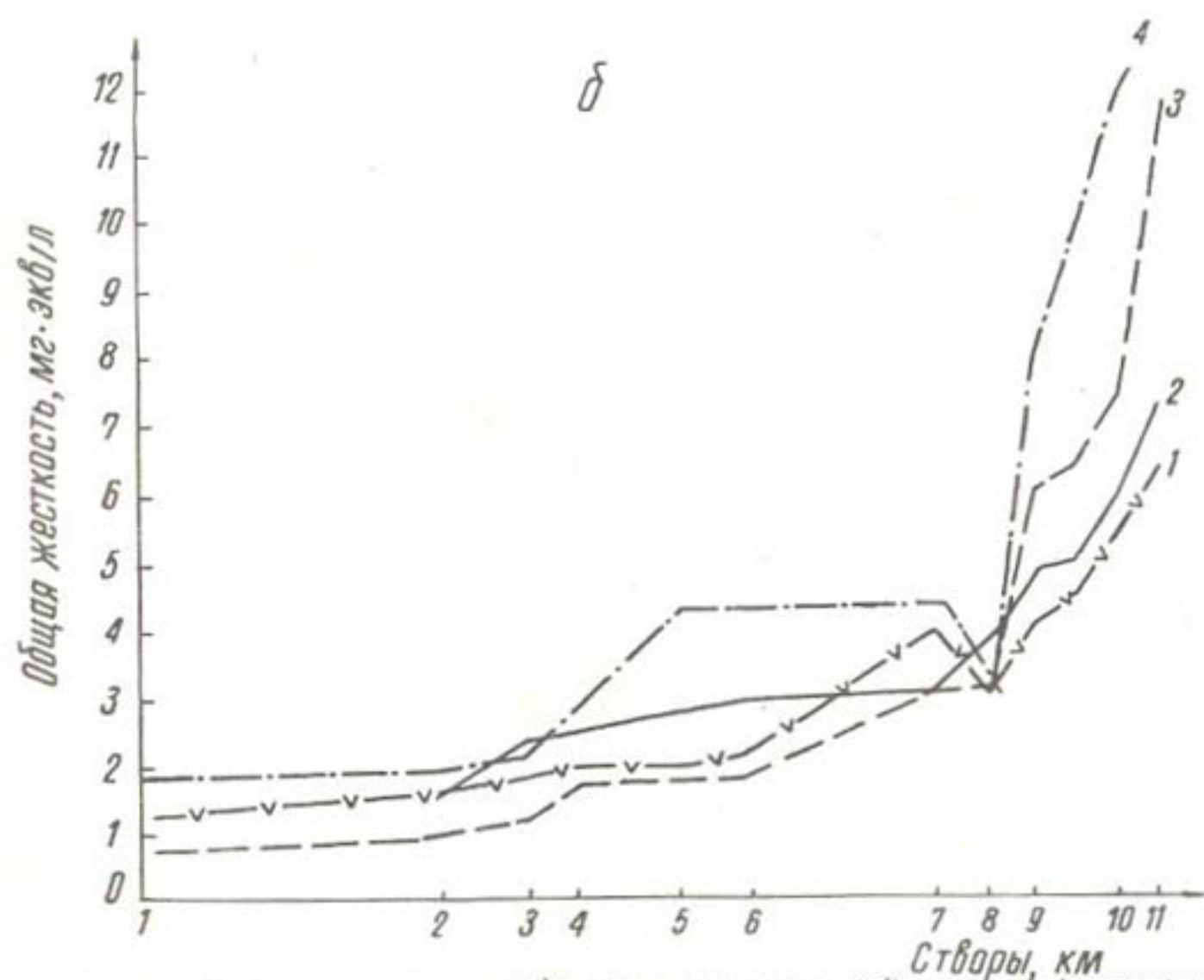
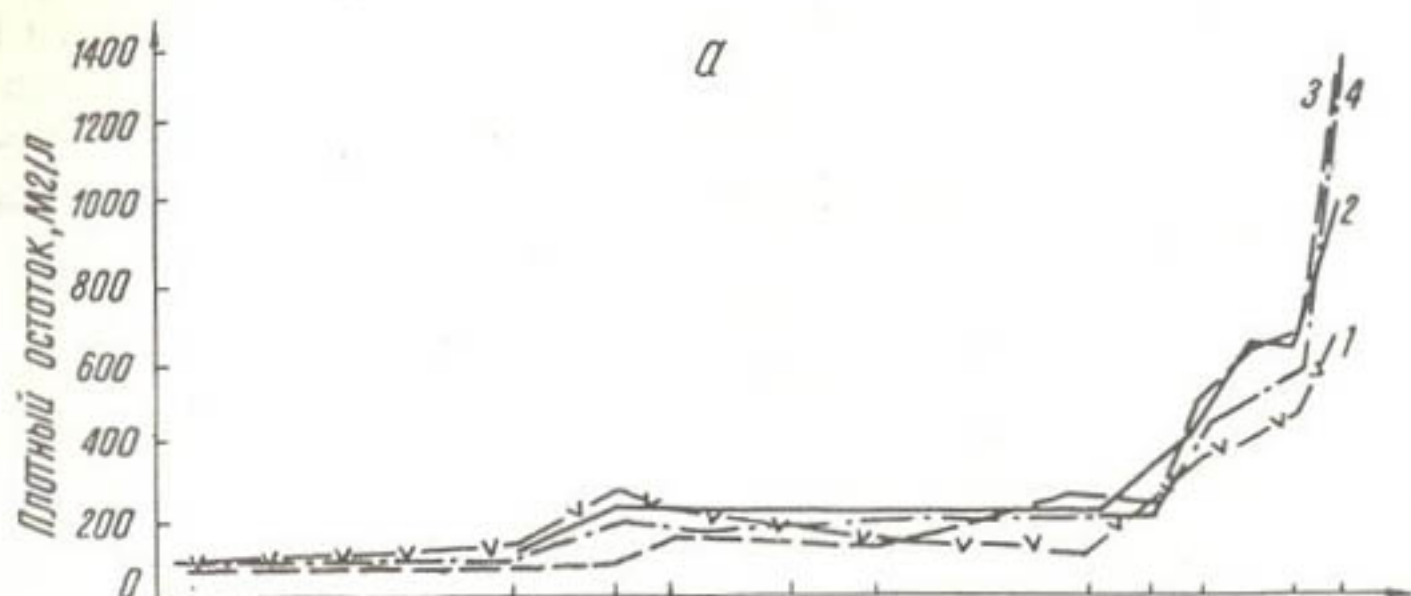


Рис.2. Плотный остаток (а) и общая жесткость (б) воды р. Ахангаран (1965 г.).

В верховьях р.Ахангаран (в Чалисайском и Туркском створах) вода незначительной жесткости (0,7–1,83 мг·экв/л). В следующих створах жесткость возрастает, достигая в Чигирикском 4,42 мг·экв/л в результате подпитывания р.Ахангаран подземными водами. Резкое повышение жесткости наблюдается в низовьях реки, что объясняется сбросами коллекторно-дренажных вод. В створе устья р.Ахангаран вода повышенной жесткости (до 17,98 мг·экв). Максимальная жесткость воды отмечена в летний период, когда разбавление коллекторно-дренажных вод менее жесткой водой реки незначительно.

Среднегодовое содержание аммиака за 1964 г. находится в пределах 0–1,65 мг/л. Минимальное содержание его отмечено в Чалисайском и Туркском створах (0–0,1 мг/л). Резко увеличивается концентрация аммиака (до 1,3 мг/л) в Гульбахском створе после сброса Ангренской горканализации. В Карахтайском, Алмалыкском, Чигирикском, Тьябугузском и Аккурганском створах содержание аммиака снижается до 0,30 мг/л.

Значительно увеличивается содержание аммиака (до 1,65 мг/л) в створе после кенафного завода, а в створе устья р.Ахангаран снижается до 0,45 мг/л (табл.2).

Посезонные исследования 1965 г. показали, что зимой содержание аммиака в Туркском и Аблыкском створах составляет 0,66–0,32 мг/л. В Гульбахском створе после сброса Ангренской горканализации оно резко увеличивается до 11,85 мг/л, а в Алмалыкском, Чигирикском, Тьябугузском и Аккурганском снижается до 0,30 мг/л.

Весной в период максимальных расходов содержание аммиака несколько снижается (0,14 мг/л). Вероятно, из-за значительного разбавления токи канализации г.Ангрена не оказывают влияния на содержание аммиака в воде р.Ахангаран. Резко увеличивается концентрация аммиака (до 1,79 мг/л) в створе после кенафного завода (табл.3). Летом содержание аммиака по всем створам р.Ахангаран увеличивается по сравнению с зимой и весной и составляет 0,13–1,85 мг/л (табл.4).

Осенью максимальное содержание аммиака (1,2 мг/л) наблюдается в Гульбахском створе, минимальное (0,09–0,13 мг/л) в Аблыкском, Карахтайском и Алмалыкском. В остальных створах

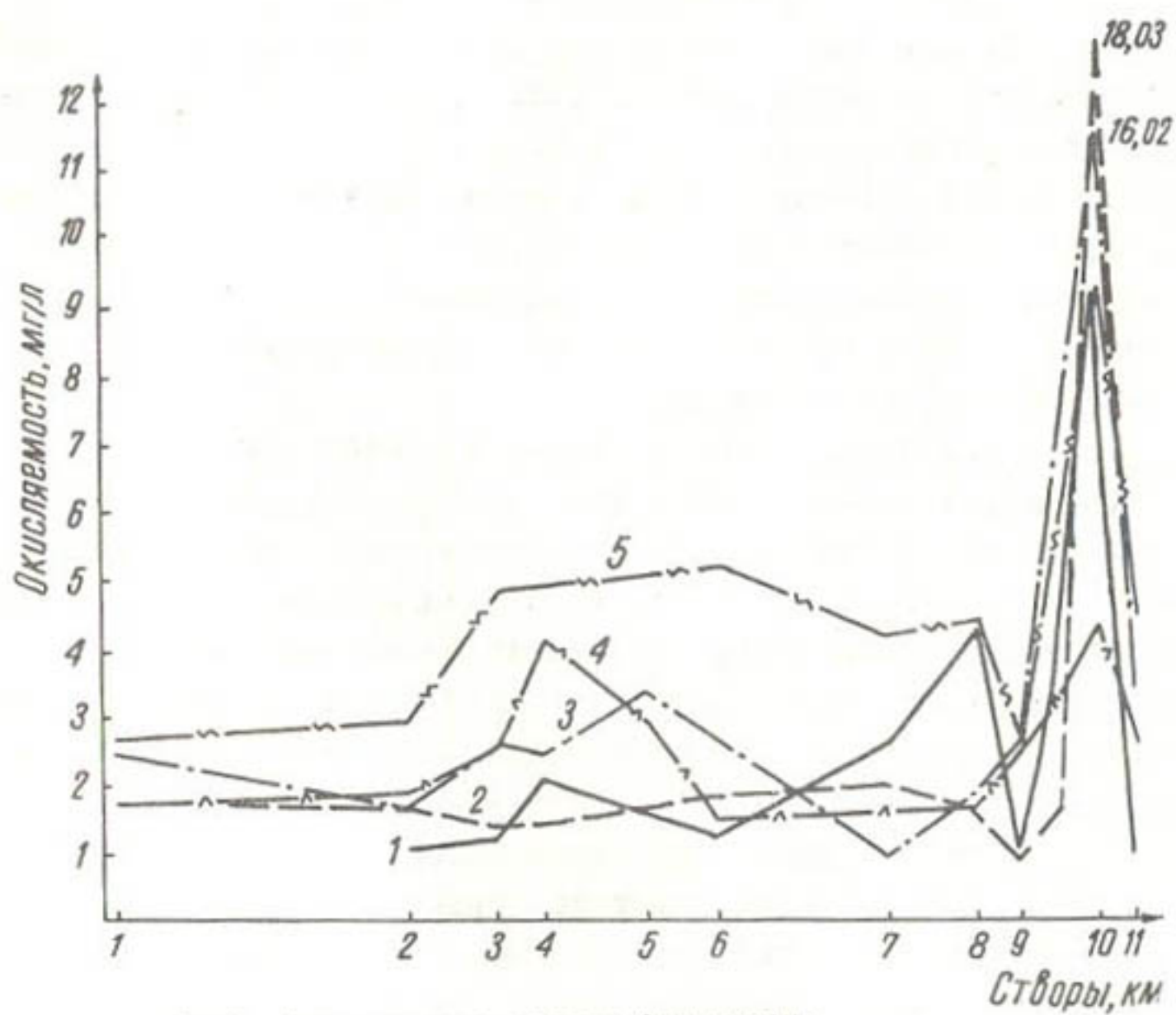


Рис.3. Окисляемость воды р.Ахангаран:
1-зима; 2-весна; 3-лето; 4-осень; 5-сред.год.1964

содержание аммиака составляет 0,27-0,54 мг/л.

Окисляемость воды р.Ахангаран, по исследованиям 1964 г., составляет 2,7-9,1 мг/л O_2 (рис.3). Минимальная окисляемость (2,7-3,0 мг/л O_2) отмечена в Чалисайском и Туркском створах. В Аблыкском створе, после р.Ангрена, окисляемость возрастает до 4,85 мг/л O_2 . В Гульбахском, Карах-тайском, Алмалыкском створах она увеличивается до 5,2 мг/л O_2 , а в Чигирикском, Тябугузском и Аккурганском снижается до 2,65 мг/л O_2 . В створе после кенафного завода окисляемость резко возрастает до 9,15 мг/л O_2 и затем в устье р.Ахангаран уменьшается до 4,4 мг/л O_2 .

Посезонные исследования 1965 г. показали аналогичную картину. Окисляемость в Чалисайском и Туркском створах незначительна (1,12-2,5 мг/л O_2), в Аблыкском после сброса предприятий г.Ангрена возрастает до 2,64 мг/л, в остальных створах колеблется в пределах 1,04-3,44 мг/л O_2 . После сбросов кенафных заводов она значительно возрастает, достигая 18,03 мг/л O_2 , затем в створе устья р.Ахангаран падает до 0,96-3,82 мг/л (рис.3).

Наибольшее содержание растворенного кислорода (10,46-12,86 мг/л) наблюдается в Чалисайском и Туркском створах. В Аблыкском и Гульбахском створах в результате влияния сбросов Ангренских предприятий и горканыализации оно значительно снижается. Минимальное содержание кислорода (до 4,0 мг/л) в Гульбахском створе отмечено зимой (табл.2). В других створах содержание растворенного кислорода находится в пределах 8,66-12,86 мг/л.

В створе после кенафного завода содержание кислорода уменьшается, падая в летний период до 0 (табл.3). Только в зимний и осенний периоды оно в этом створе превышает допустимые нормы (8,0-11,0 мг/л), когда кенафный завод прекращает работу и в реку попадает только вода от промывки мочильных ям (табл.1,4).

Таким образом, самый неблагоприятный створ в отношении кислородного режима - створ после кенафного завода, где

большую часть года растворенный кислород содержится в пределах ниже допустимой нормы (рис.4).

В Чалисайском и Туркском створах БПК₅ воды р.Ахангаран, по исследованиям 1964 г., составляет 2,35 мг/л. В Аблыкском створе, после г.Ангрена, БПК₅ возрастает до 3,8 мг/л, в Гульбахском после сброса Ангренской горканызации – до 8,2 мг/л, т.е. более чем в два раза превышает допустимые нормы. В створе после кенафного завода БПК₅ выше нормы, а в створе устья р.Ахангаран ниже – 3,6 мг/л.

Исследования 1965 г. показали, что БПК₅ в Чалисайском и Туркском створах составляет 1,42–4,97 мг/л. В Аблыкском и Гульбахском влияние на БПК₅ сбросов Ангренских предприятий и горканызации отмечено только в осенний период (рис.4). В Карахтайском, Алмалыкском, Чигирикском и Тябугузском створах БПК₅ в основном не превышает допустимые нормы.

Сброс кенафного завода резко увеличивает органическое загрязнение р.Ахангаран. БПК₅ в створе после кенафного завода возрастает весной до 61,81 мг/л, летом – до 40,0 мг/л, осенью – до 26,69 мг/л, что в 10–15 раз превышает допустимые нормы. В створе устья р.Ахангаран БПК₅ снижается зимой до 1,25 мг/л, весной – до 8,38, летом – до 4,01, осенью – до 1,39 мг/л.

В результате проведенных исследований составлена "Схема качества воды р.Ахангаран" (рис.5). Для характеристики качества воды были приняты следующие показатели: загрязнение органическими веществами, характеризуемое БПК₅, окисляемостью, загрязнение аммиаком, взвешенными веществами, веществами минерального происхождения по плотному остатку и общей жесткости.

В ы в о д ы

I. Солевой состав воды р.Ахангаран стабилен. В верхнем и среднем течении реки вода имеет незначительную общую жесткость и степень минерализации, которая возрастает к устью и превышает допустимые нормы. Такое резкое увеличе-

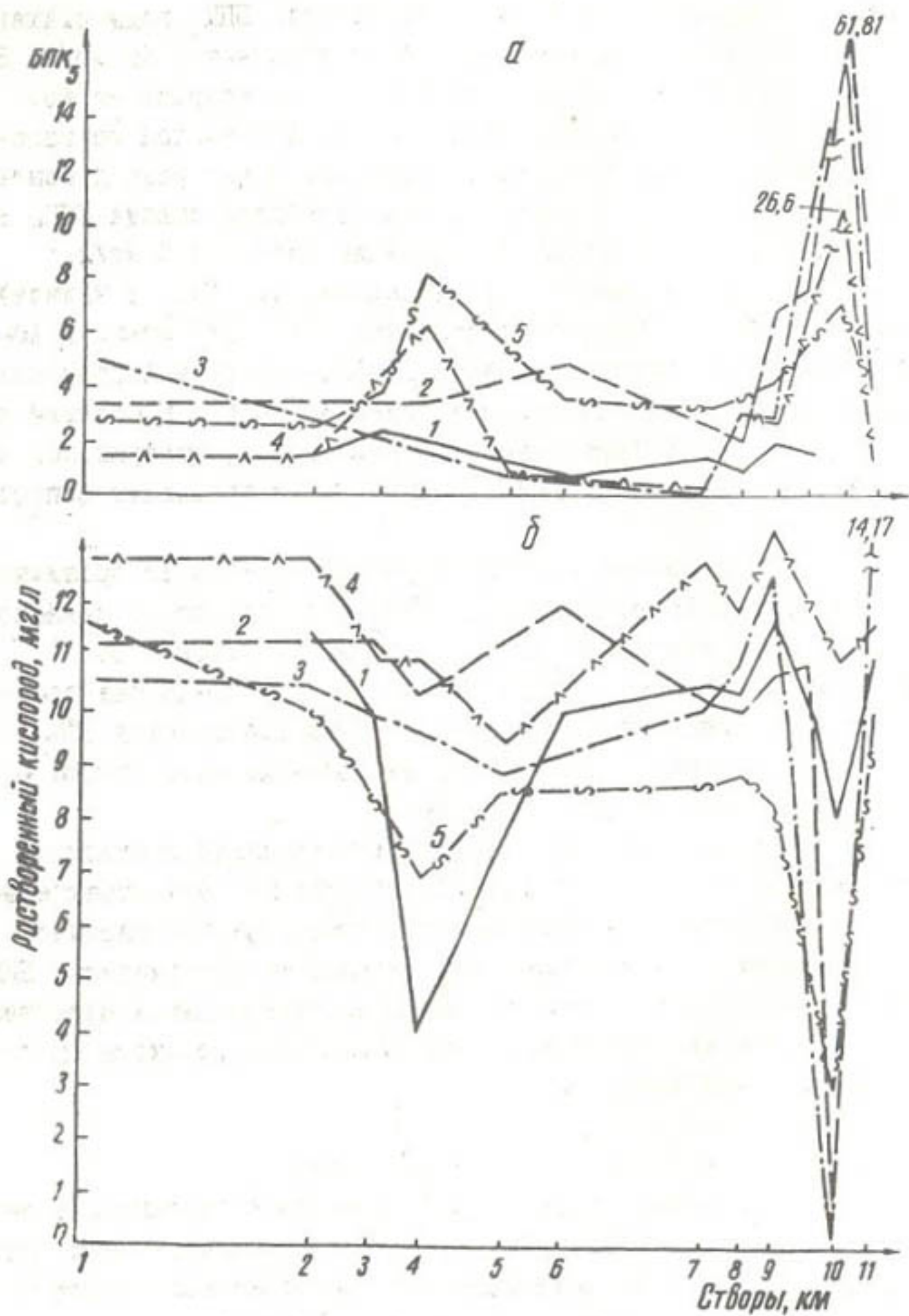


Рис. 4. БПК₅ (а) и растворенный кислород (б) в воде ДАХАНГАРАН.
1-зима; 2-весна; 3- лето; 4-осень; 5-ср. год 1964.

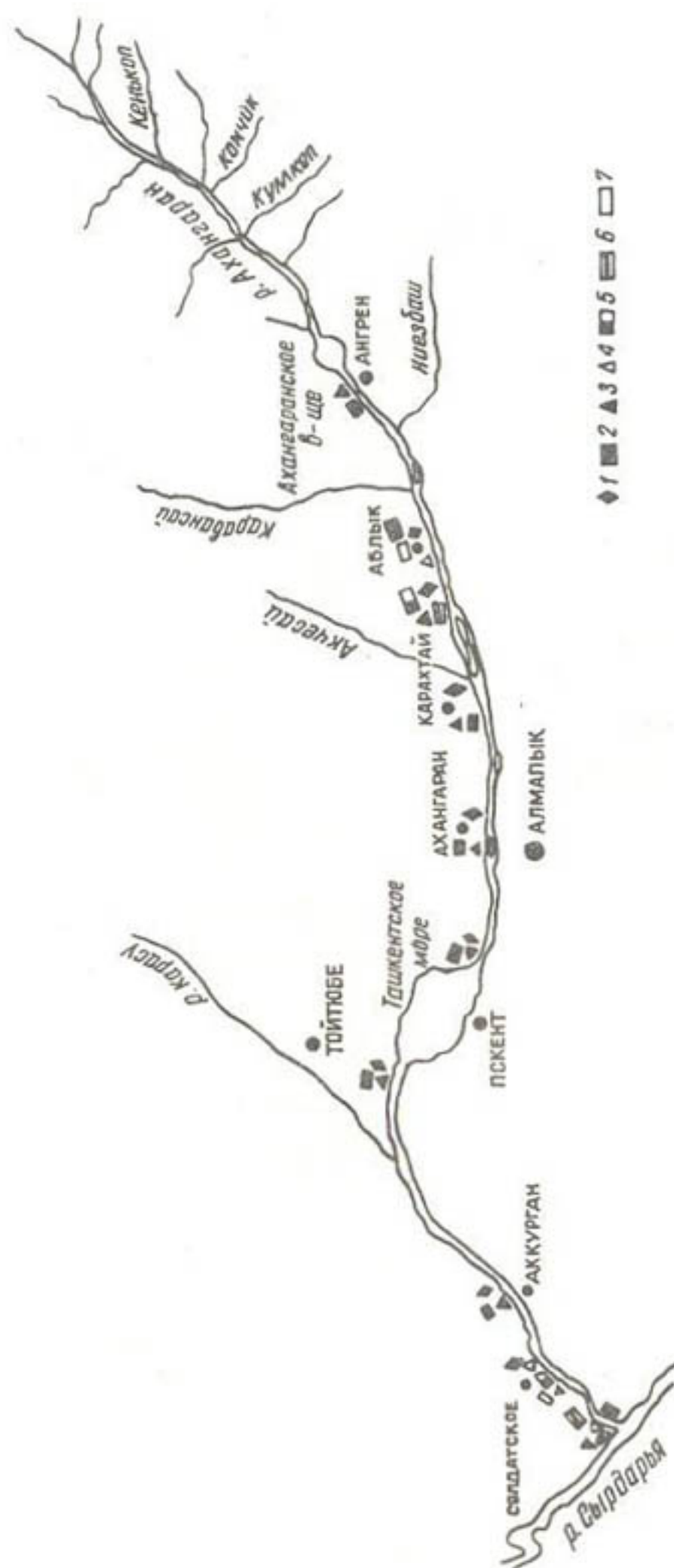


Рис. 5. Схема качества воды р. Ахангаран:

1- БПК₅ выше нормы, 2-аммиак в.н.; 3- фенолы в.н.; 4- жесткость в.н.; 5- окисляемость в.н.; 6- плотный остаток в.н.; 7- в-ещество в.н.

ние объясняется сбросами коллекторно-дренажных вод.

2. Содержание солей аммония, нитратов и нитритов в 1965 г. несколько увеличилось по сравнению с 1964 г. Особенно значительно содержание солей аммония в Гульбахском створе после сброса Ангренской горканализации.

3. Окисляемость воды в нижнем и среднем течении в 1965 г. была несколько ниже, чем в этих же створах в 1964 г. Значительно увеличена окисляемость в створе после кенафного завода.

4. В 1965 г. кислородный режим реки улучшился по сравнению с 1964 г.

Для улучшения качества воды р.Ахангаран отдел "Охраны водных источников" САНИИРИ рекомендует провести следующие мероприятия.

1. Ввести полную биологическую очистку стоков на сооружениях горканализации и джуто-кенафных предприятий г.Ангrena, снизив БПК₅ с 160 до 23 мг/л, окисляемость с 320 до 65 мг/л.

2. Запретить сброс непосредственно в реку без осветления в гидроотвале стоков Угольного разреза. Стоки после осветления должны содержать не более 35 мг/л взвешенных веществ.

3. Снизить температуру условно-чистых вод Ангренской ТЭЦ с 30° (существующих в настоящее время) до 26°.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драчев С.М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками, М.-Л., Изд-во "Наука", 1964.
2. Лапшин М.И. Разработка способов очистки сточных вод, М., Изд-во АН СССР, 1952.
3. Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоем, М., Изд-во МКХ РСФСР, 1962.

Т А Б Л И Ц Ы

Результаты химического анализа водных проб

Показатель	2	3	4
	(Турк-ский)	(Аблык-ский)	(Гуль-бах-ский)
Температура, °C	I	I5	I6
Взвешенные вещества, мг/л	3,6	42	47,4
Плотный остаток, мг/л	II6	234	I522
Общая жесткость, мг-экв/л	I,68	2,44	II,27
Кальций, мг/л	22,6I	30,14	I56,37
Магний, мг/л	6,86	II,43	42,29
Хлориды, мг/л	6	I2	60
Сульфаты, мг/л	II,52	97,II	890,5
Азот аммонийный, мг/л	0,13	0,25	9,25
Азот нитритов, мг/л	0,003	0,017	0,045
Азот нитратов, мг/л	Нет	Нет	Нет
Окисляемость, мг/л O ₂	I,12	I,2	208
Растворенный кислород, мг/л	II,46	10,0	10,0
Дефицит кислорода, %	55,6	47,4	82,7
Баланс кислорода, %	4,3I	2,55	0,12
БПК ₅ , мг/л	I,42	2,45	I,88
Железо, мг/л	Нет	Нет	I,0
Фенолы, мг/л	0,053	0,047	0,049
Сероводород, мг/л	Нет	Нет	Нет
Активный хлор, мг/л	Нет	Нет	I,42
Аммиак, мг/л	0,66	0,32	II,85
Нитриты, мг/л	0,0I	0,058	0,148
Нитраты, мг/л	Нет	Нет	Нет

р.Ахангаран за зимний сезон 1965 г.

Таблица I

Створ						
6	7	8	9	10 ^a	10	11
(Алма-лык-ский)	(Чиги-рик-ский)	(Тюябу-гуз-ский)	(Аккур-ган-ский)	(До ке-нафного-з-да)	(После-кенафно-го з-да)	(Устье-р.Ахан-гаран)
7	II	6	5	7	10	9
10,6	I7	12,6	39	34,0	63,0	28
980	210	344	482	650,0	622,0	1012
3	3,09	3,85	4,97	5,07	6,01	7,36
37,68	41,45	48,98	54,64	48,98	67,82	77,24
13,72	12,57	17,15	27,43	32,0	32,0	45,42
12	10	16	26	4,0	30,0	60
51	34,57	87,24	130,86	230,4	146,5	433,7
0,06	0,08	0,5	0,1	0,25	1,13	0,12
0,035	0,002	0,007	0,007	0,01	0,055	0,009
0,4	Следы	Нет	0,2	0,3	0,4	Нет
1,28	2,56	4,24	1,04	3,84	9,28	0,96
9,9	10,54	10,34	11,76	10,44	8,0	5,49
57,8	52	57,8	53,4	22,10	-	58,9
4,24	3,65	4,21	3,8	7,7	-	4,24
0,71	1,62	0,96	2,08	1,74	-	1,25
0,025	0,025	0,01	0,01	-	0,05	0,025
0,04	0,069	0,065	0,044	0,006	0,042	0,043
Нет	Нет	Нет	Нет	0,0	0,0	Нет
Нет	3,55	Нет	0,7	0,0	0,71	Нет
0,077	0,103	0,64	0,13	0,32	1,45	0,154
0,115	0,007	0,023	0,023	0,033	0,18	0,0296
1,77	Следы	Нет	0,885	1,33	1,77	Нет

Результаты химического анализа водных проб
(от 26.V-1965 г.)

Показатель	I (Чали- сайский)	2 (Турк- ский)	3 (Аблык- ский)	4 (Гульбах- ский)
Температура, °C	9,5	13,5	20	22
Давление, мм рт.ст.	667	685	699	701,5
Взвешенные вещества, мг/л	0,8	23,4	9,6	12,6
Плотный остаток, мг/л	72,0	80,0	98,0	156,0
Общая жесткость, мг-экв/л	0,7	0,9	1,2	1,7
Кальций, мг/л	14,03	14,03	18,04	28,06
Магний, мг/л	0,0	2,43	3,65	3,65
Хлориды, мг/л	6,0	6,0	8,0	10,0
Сульфаты, мг/л	27,98	26,33	40,32	29,63
Азот аммонийный, мг/л	0,1	0,08	0,08	0,08
Азот нитритов, мг/л	0,001	0,009	0,0013	0,009
Азот нитратов, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0
Окисляемость, мг/л O ₂	1,803	1,725	1,41	1,49
Растворенный кислород, мг/л	11,24	11,37	11,27	10,31
Дефицит кислорода, %	0,0	0,0	0,0	0,0
Баланс кислорода, %	7,93	7,95	7,9	6,88
БПК ₅ , мг/л	3,31	3,422	3,37	3,43
Фенолы, мг/л	0,0	0,0	0,02	0,012
Сероводород, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,85
Активный хлор, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0
Гидрокарбонаты, мг/л	61,0	61,0	61,0	73,2
Аммиак, мг/л	0,128	0,14	0,102	0,102
Нитриты, мг/л	0,003	0,03	0,003	0,029
Нитраты, мг/л	0	0	0	0

Таблица 2

р.Ахангаран за весенний период

Створ						
6 (Алма- лык- ский)	7 (Чиги- рик- ский)	8 (Тябу- гуз- ский)	9 (Аккур- ган- ский)	10 ^a (До ке- нафного з-да)	10 (После кенафно- го з-да)	11 (Конец Ахан- гарана)
24	19	20	29	23	23	23
726	733	735	743	746	746,0	745,0
30,6	24,2	5,0	22,4	35,4	50,8	36,4
144,0	260,0	244,0	510	628	670	1346
1,9	3,1	3,2	6,1	6,5	7,5	11,9
28,06	60,1	44,09	68,14	72,14	86,17	102,2
6,08	7,3	12,16	32,83	35,26	38,9	82,62
10,0	12,0	16,0	32,0	34,0	24,0	86,0
29,63	42,8	53,49	196,7	244,43	197,52	696,26
0,11	0,8	0,14	0,01	0,05	1,4	0,04
0,0085	0,021	0,026	0,021	0,006	0,011	0,0
0,3	0,3	0,0	0	0	0	0
1,88	2,038	1,568	0,862	1,722	18,03	2,509
11,98	10,23	9,98	10,73	10,9	1,0	12,7
0,0	0,0	0,0	0	0	88,6	0
7,1	7,5	8,0	3,85	3,17	88,6	4,32
4,88	2,73	1,98	6,88	7,73	61,81	8,38
0,0	0,033	0,004	0,001	0,02	0,112	0,001
0,85	0,85	1,02	0,85	0,85	4,73	0,68
0,0	0,0	0,0	0	0	0	0
97,6	170,8	146,4	219,6	305	390,4	292,8
0,141	0,102	0,179	0	0,064	1	
0,028	0,069	0,085	0,69	0,0197	0	
1,33	1,33	0	0	0	0	

Результаты химического анализа водных проб
(с 9.УШ-1965 г. по

Показатель	Створ		
	1 (Чали- сайский)	2 (Турк- ский)	3 (Аблык- ский)
Температура, °C	16	20	26,5
Давление, мм рт.ст.	667,5	683,0	717,0
Взвешенные вещества, мг/л	20,6	71,8	-
Плотный остаток, мг/л	84,0	94,0	190,0
Общая жесткость, мг-экв/л	1,83	1,94	2,15
Кальций, мг/л	17,31	38,95	34,62
Хлориды, мг/л	6,0	24,0	12,0
Сульфаты, мг/л	22,2	-	-
Аммиак, мг/л	0,38	0,41	0,25
Нитриты, мг/л	0,017	0,016	0,049
Нитраты, мг/л	0,0	0,0	0,0
Окисляемость, мг/л O ₂	2,5	1,72	2,64
Растворенный кислород, мг/л	10,51	10,46	9,87
Дефицит кислорода, %	0,0	0,0	0,0
Баланс кислорода, %	5,54	7,64	-
БПК ₅ , мг/л	4,97	2,82	-
Гидрокарбонаты, мг/л	43,8	97,6	97,6
Фенолы, мг/л	0,0	0,0	0,0
Сероводород, мг/л	0,0	-	-
Магний, мг/л	11,81	0,0	5,25

Таблица 3

р. Ахангаран в летний период
(12.УШ-1965 г.)

Створ						
4 (Гуль- бах- ский)	5 (Карах- тай- ский)	7 (Чиги- рик- ский)	8 (Тябу- гузский)	9 (Аккур- ганский)	10 (После кенафно- го з-да)	11 (Конец Салара)
26,0	22	19,0	26,0	26,0	25	27,0
719,0	719,0	735,2	738,0	744,0	743,8	-
-	32,8	-	12,2	18,4	21,6	17,4
182,0	-	213,0	202,0	432,0	586,0	1356,0
3,01	4,29	4,42	3,46	7,98	12,08	17,98
28,13	67,08	69,24	49,77	97,33	108,2	98,05
12,0	12,0	12,0	12,0	22,0	28,0	78,0
57,6	46,91	47,73	61,72	140,73	158,83	624,65
0,22	0,13	0,25	0,25	0,19	1,85	0,13
0,046	0,065	-	0,082	0,052	0,049	0,102
0,0	4,43	1,33	0,0	1,33	0,0	0,0
2,54	3,44	1,04	1,92	2,72	1,62	3,52
9,60	8,86	10,04	11,02	12,62	0,0	14,17
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	-
7,96	8,15	9,8	7,64	9,72	-	10,16
1,64	0,71	0,245	3,38	2,9	40,0	4,01
97,6	146,4	158,0	122,0	195,2	353,0	280,0
0,012	0	0,032	0,0025	0,012	0,02	0,012
-	-	0,0	0,0	0,0	0,34	0,68
19,69	10,5	11,81	11,81	38,07	87,97	179,88

Результаты химического анализа водных проб

Показатель	Чалисай- ский	Турк- ский	Аблык- ский	Гульбах- ский
Температура, °C	1,0	4,0	4,0	8,0
Давление, мм рт.ст.	689,0	708,5	722,5	722,5
Взвешенные вещества, мг/л	9,4	17,6	284,0	30,4
Плотный остаток, мг/л	86,0	100,0	190,0	192,0
Общая жесткость, мг-экв/л	0,8	1,5	2,1	2,0
Кальций, мг/л	14,03	22,04	30,06	30,06
Магний, мг/л	1,2	4,86	7,3	6,08
Хлориды, мг/л	6,0	6,0	12,0	10,0
Сульфаты, мг/л	14,8	16,46	40,33	28,0
Аммиак, мг/л	0,33	0,66	0,13	1,2
Нитриты, мг/л	0,01	0,01	0,072	0,029
Нитраты, мг/л	1,77	2,21	3,1	1,33
Окисляемость, мг/л O ₂	1,76	1,92	2,56	4,16
Растворенный кислород, мг/л	12,8	12,86	10,9	10,96
Дефицит кислорода, %	2,0	0,0	13,3	4,0
Баланс кислорода, %	11,3	11,4	6,5	4,63
БПК ₅ , мг/л	1,5	1,46	4,4	6,32
Фенолы, мг/л	0,0	0,005	0,017	0,01
Сероводород, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица 4

р.Ахангаран за осенний период

Створ						
Карах- тай- ский	Алмалык- ский	Чиги- рикский	Тябу- гузкий	Аккур- ганский	После кенафно- го э-да	Конец р.Ахан- гаран
9,0	9,0	13,0	9,0	7	8	8
742,0	747,0	756,5	758,0	775	775	775
27,2	19,4	16,2	14,8	48,0	53,2	29,0
236,0	232,0	286,0	374	580,0	558,0	930,0
3,5	2,8	3,7	3,6	6,3	6,2	8,5
38,07	36,07	36,07	46,09	68,13	62,12	88,17
19,42	12,16	23,1	15,8	35,26	37,6	49,85
12,0	12,0	14,0	18,0	30,0	26,0	48,0
47,7	46,1	64,2	84,8	170,36	158,0	338,25
0,1	0,09	0,27	0,33	0,54	0,72	0,33
0,029	0,072	0,039	0,013	0,046	0,104	0,039
4,43	2,66	2,66	3,54	8,86	7,53	5,76
2,96	1,52	1,6	1,68	2,48	4,32	2,72
9,4	-	12,86	11,9	13,47	11,0	11,63
18,0	-	0,0	0,0	0	0	5
8,6	10,0	12,4	8,74	10,85	8,5	10,24
0,8	-	0,46	3,16	2,62	26,59	1,39
0,02	0,017	0,0075	0,0075	0,005	0,0075	-
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,34	0,0

РЕФЕРАТЫ

к выпуску 123 Трудов САНИИРИ им.В.Д.Журина

(Гидрология, охрана водных ресурсов)

1974 год

Ф.Э.РУБИНОВА, М.И.ГЕТКЕР

Труды САНИИРИ, вып.123, 1971

В статье рассмотрена структура водного баланса Голодностепского района и его динамика под влиянием водохозяйственного строительства.

Из баланса следует, что за 50 лет освоения Голодной степи на питание грунтовых вод ушло свыше 7 км^3 ирригационной воды, т.е. 9% от водозабора-брутто.

На суммарное испарение израсходовано 79%, а на создание растительной массы — 43% от головного водозабора.

Рисунков 2, таблиц 3.

ХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И СИНХРОННОСТЬ
В КОЛЕБАНИЯХ ГОДОВЫХ СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ
(на примере равнинной части Ферганской долины
площадью 22130 км²)

Ф.Э.РУБИНОВА

Труды САНИИРИ, вып. 123, 1974

Исследовались нормированные отклонения годовых сумм осадков для анализа степени синхронности в их колебании по территории и хронологической последовательности.

Установлено, что в пределах одного гидросиноптического района (Ферганская долина) колебания годовых сумм осадков характеризуются высокой степенью синхронности.

Рисунков 3.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ

Б.Е.МИЛЬКИС, Г.А.АХМЕДОВ, М.МИРЗИЯТОВ

Труды САНИИРИ, вып. 123, 1971

В статье показано влияние орошения на распределение метеорологических элементов на хлопковом поле. Дана сравнительная характеристика метеорологического режима в слое воздуха до 3 м по данным наблюдений на орошаемом хлопковом поле и поверхности с естественным покровом на опытном участке закрытого дренажа на землях нового освоения Ферганской области.

Рисунков 4, таблиц 6.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ,
РАДИАЦИОННЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ГОРНОГО оз.САРЫЧЕЛЕК

Б.Е.МИЛЬКИС, А.С.ЗАЙЦЕВ, А.С.САРАЕВ
Труды САННИИРИ, вып.123, 1974

В статье рассматриваются материалы по метеорологическому режиму, радиационному и тепловому балансу озера Сарычелек, выбранного в качестве аналога для проектируемых водохранилищ. Показывается возможность применения метода теплового баланса для расчета испарения с водной поверхности в условиях горных водоемов.

Рисунков 7, таблица.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСПАРЕНИЯ
С ВЛАГОЛЮБИВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗЕМЛЯХ НОВОГО ОСВОЕНИЯ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ

Б.Е.МИЛЬКИС, Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ
Труды САНИИРИ, вып. 123, 1976

В статье приводятся результаты полевых исследований испарения с влаголюбивой растительности-риса на землях нового освоения Центральной Ферганы.

Показана величина испарения с влаголюбивой растительности за вегетационный период, дан коэффициент перехода от испарения с открытой водной поверхности к испарению влаголюбивой растительности и показана его изменчивость в течение сезона.

Таблица.

ИСПАРЕНИЕ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ
НИЗОВЬЕВ р.ВАХШ

Б.Е.МИЛЬКИС, Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ
Труды САНИИРИ, вып.123, 1976

В статье даются результаты исследований по вопросу испарения с водной поверхности и транспирации растений на территории заповедника "Тигровая балка", расположенного в низовьях р.Вахш. Данные показывают, что:

- 1) мутность воды в реке не оказывает заметного влияния на интенсивность испарения;
- 2) используемая формула В.Д.Зайкова применима для расчетов испарения с водной поверхности в низовьях р.Вахш;
- 3) на величину испарения с поверхности реки не оказывает существенного влияния степень ее прозрачности.

Таблиц 7.

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ
С ТРОСТНИКОВЫХ ЗАРОСЛЕЙ

Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ

Труды САНИИРИ, вып.123, 1971

В работе приводятся материалы полевых исследований испарения, проводимых в низовьях р.Вахш в 1967-1968 гг. Даны величины суммарного испарения с тростника и рогоза, а также коэффициенты перехода, при помощи которых легко вычислить испарение с дикой влаголюбивой растительности, если известна величина испарения с водной поверхности. Суммарное испарение с зарослей за вегетационный период составляет 2680 мм.

Таблиц 8.

СПОСОБ УЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДОЖДЕЙ
ПРИ РАСЧЕТАХ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

М.И. ГЕТКЕР

Труды САННИРИ, вып. 123, 1971

Для описания пространственной неравномерности слоя дождя вводится понятие кривой обеспеченности слоя осадков по площади. Анализ данных ливнемерного "куста" Медео показал, что ординаты кривых соответствуют территориально наибольшему слою осадков. Неполное перекрытие площади осадками большого слоя возможно до 300 км^2 .

Рисунков 2, таблица.

ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА НА ПОЧВЕННУЮ ВЛАЖНОСТЬ

Л.Н.ПОБЕРЕЖСКИЙ

Труды САНИИРИ, вып.123, 1974

В статье приведены данные полевых исследований влажности почв различных склонов р.Сукоксай, полученные нейтронным методом в постоянных скважинах.

Полученные данные показывают большие увлажнения северных склонов по сравнению с южными. Влажность почв склонов западной и восточной экспозиций занимает промежуточное положение.

Рисунков 2, таблица.

УДК 628.364

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г.ГУЛИСТАНА

А.А.ДУБРОВИНА
Труды САННИРИ, вып.123, 1976

В статье рассматривается применение графо-аналитического метода расчета режима работы отдельных скважин при совместном их использовании на примере водоснабжения г.Гулистана.

Рисунков 3.

В.П.СВЕТИЦКИЙ

Труды САНИИРИ, вып.123, 1971

В статье освещаются итоги исследования возвратных вод в бассейне р.Сырдарья, выполненные в период с 1966 по 1968 гг.

Рассмотрены следующие основные вопросы: терминология, методика исследований, краткая характеристика водных источников и гидромелиоративной сети бассейна, результаты водобалансовых расчетов и количественные характеристики возвратных вод по отдельным частям бассейна.

Имеется графическая иллюстрация в виде линейных ирригационных схем и таблиц, в которых приведены характеристики возвратных вод за расчетный период по отдельным частям и в целом по бассейну.

Рисунков II, таблиц I2.

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ р.АХАНГАРАН

А.П.ОРЛОВА, О.С.ДУНИН-БАРКОВСКАЯ

Труды САНИИРИ, вып.123, 1974

В статье приводятся результаты исследования степени загрязнения р.Ахангаран по II створам по I4 компонентам от истока до устья.

Дается характеристика сбрасываемых сточных вод промышленных предприятий.

Разработаны рекомендации по охране водотока путем нормирования стока по компонентам.

Рисунков 5, таблиц 4.

СОДЕРЖАНИЕ

Ф.Э.РУБИНОВА, М.И.ГЕТКЕР. Водный баланс Голодной степи.....	3
Ф.Э.РУБИНОВА. Хронологическая последовательность и синхронность в колебаниях годовых сумм атмосферных осадков (на примере равнинной части Ферганской долины площадью 22130 км ²).	25
Б.Е.МИЛЬКИС, Г.А.АХМЕДОВ, М.МИРЗИЯТОВ. Влияние орошения на распределение метеорологических элементов на хлопковом поле.....	37
Б.Е.МИЛЬКИС, А.С.ЗАЙЦЕВ, А.С.САРАЕВ. Метеорологический режим, радиационный и тепловой баланс горного оз.Сарычелек.....	55
Б.Е.МИЛЬКИС, Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ. Некоторые результаты исследования испарения с влаголюбивой растительности на землях нового освоения Центральной Ферганы.....	83
Б.Е.МИЛЬКИС, Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ. Испарение с водной поверхности водоемов низовьев р.Вахш.....	89
Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ. К методике расчета суммарного испарения с тростниковых зарослей.....	103
М.И.ГЕТКЕР. Способ учета пространственной неравномерности дождей при расчетах максимальных расходов дождевых паводков.....	III
Л.Н.ПОБЕРЕЖСКИЙ. Влияние экспозиции склона на почвенную влажность.....	III9
А.А.ДУБРОВИНА. К вопросу использования подземных вод для водоснабжения г.Гулистана.....	127
В.П.СВЕТИЦКИЙ. Ресурсы возвратных вод р.Сырдарья.....	135
А.П.ОРЛОВА, О.С.ДУНИН-БАРКОВСКАЯ. Исследования качества воды р.Ахангаран.....	185
Рефераты к выпуску 123 Трудов САНИИРИ.....	207