

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

ТРУДЫ САНИИРИ

Выпуск 127

(Орошение, эксплуатация гидромелиоративных систем)

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 127

(Орошение, эксплуатация гидромелиоративных систем)

ТАШКЕНТ — 1971

В сборнике дается теоретическое обоснование техники полива сельскохозяйственных культур по бороздам, предлагается система районирования орошаемых земель, освещается роль техники орошения и переустройства оросительных систем в повышении водообеспеченности орошаемых земель; исследуются средства эксплуатационной гидрометрии.

Книга предназначена для научных работников, сотрудников проектных, строительных и эксплуатационных организаций области гидротехники и мелиорации.

Редакционная коллегия:

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

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО БОРОЗДАМ

Перед отделом орошения САНИИРИ в 1966–1970 гг. стояла задача разработать технологию полива и агротехнические требования на поливные машины и оборудование механизированных поверхностных поливов пропашных культур, которую предполагалось решать на основе уточнения теории бороздкового полива, обобщения результатов полевых опытов, основываясь на рабочей гипотезе, изложенной в брошюре "Проект методических указаний для проведения полевых опытов по изучению техники бороздкового полива, камеральной обработке результатов и обоснование этих указаний", изданной САНИИРИ в 1965 г. Данная работа является продолжением и, в некоторой степени, завершением того научного поиска, который был намечен в упомянутой брошюре.

Из балансового уравнения потока воды в борозде^{X/} следует уравнение, связывающее продвижение лба струи по сухой борозде в зависимости от времени

$$x(t) = \frac{qt}{\omega} - \frac{\sigma}{\omega} \int_0^t m(\tau) x' d\tau, \quad (I)$$

Ядро этого интегро-дифференциального уравнения – $m(\tau)$ – функция впитывания воды почвой во времени. В зависимости от того, какое принято ядро, получаются разные решения уравнения (I).

В большинстве научных отчетов и в диссертациях последних лет продолжают пользоваться функцией впитывания согласно одночленной формулы А.Н.Костякова. Поскольку в этой формуле скорость впитывания при увеличении t стремится к нулю, то по выведенной на основе этого ядра $x = f(t)$ получается, что путь, проходимый водой по борозде, при увеличении t стретится к бесконечности. Это не соответствует действительности.

^{X/} "Проект методических указаний...", стр.23, уравнение 4.

Наши опыты, а также исследования АрмНИИВПиГ, КиргНИИВХ и др. доказывают, что при впитывании воды почвой по прошествии некоторого времени скорость впитывания оказывается постоянной, т.е. процесс впитывания гораздо лучше аппроксимируется двухчленной формулой А.Н.Костякова

$$K_t = \frac{K_{уст} \theta}{t^\alpha} + K_{уст}, \quad (2)$$

в которой второй член $-K_{уст}$, установившаяся скорость впитывания, или по терминологии американской мелиоративной науки и практики — базисная скорость впитывания.

Применение в уравнении (1) ядра, исходя из уравнения (2), неизбежно даст решение $x=f(t)$, по которому длина пробега струи по сухой борозде ограничена пределом, зависящим от q и параметра $K_{уст}$ в формуле (2), т.е. необходимое соответствие с опытом.

Уравнение (1) при ядре, исходя из формулы (2), имеет вид:

$$x(t) = \frac{qt}{\omega} - \frac{\alpha K_{уст}}{\omega} \int_0^t \left[(t-t_1) + \frac{\theta}{1-\alpha} (t-t_1)^{1-\alpha} \right] x' dt. \quad (3)$$

Подробно об уравнениях (1), (2) и (3) толковалось в упомянутом "Проекте методических указаний...".

Аналитического решения уравнения (3) мы не нашли^{х/}, хотя оно (3) было совершенно обязательным, так как все основные вопросы технологии полива, вплоть до построения эпюры увлажнения вдоль борозды на любой момент t , решается при помощи этого уравнения.

Поэтому мы обратились в ВЦ АН УзССР с просьбой о решении двух задач.

х/ Есть точное решение С.М.Кривовяза при $\alpha = 0,5$, которое нас в исследованиях не устраивало, так как опытные данные по впитыванию свидетельствовали, что $\alpha = 0,5$ — только частное значение, преимущественно для грунтов несколько повышенной водопроницаемости.

1. Решить прямым численным методом большое число уравнений (3) со всевозможными комбинациями $q, i, K_{\text{уст}}$ δ и α для составления альбома кривых $x = f(t)$ или номограмм (назовем эту задачу "прямой").

2. Решить "обратную" задачу, суть которой заключается в непосредственном отыскании на ЭВМ параметров $K_{\text{уст}}$, δ и α по конкретным опытным данным

$$x = f(t, q, i).$$

Обработка большого опытного материала по $x = f(t)$ на ЭВМ посредством решения "обратной" задачи, позволила бы определить пределы изменений параметров $K_{\text{уст}}$, δ и α классифицировать эти параметры, привязав их к определенным почвенно-грунтовым условиям, определить как меняются $K_{\text{уст}}$, δ и α в зависимости от q и i (наполнения борозды). После выяснения этих вопросов можно было бы решать задачу оптимизации технологии полива, вернувшись к "прямому" решению.

Математики Вычислительного центра АН УзССР ввиду большого набора комбинаций $q, i, K_{\text{уст}}, \delta, \alpha$ по первой задаче сделали для себя облегчение, введя две замены

$$x = \frac{q}{\omega} \bar{x} \quad \text{и} \quad K_i = \frac{\alpha}{\omega} K_{\text{уст}}, \text{ т.е. снизили число комбинаций,}$$

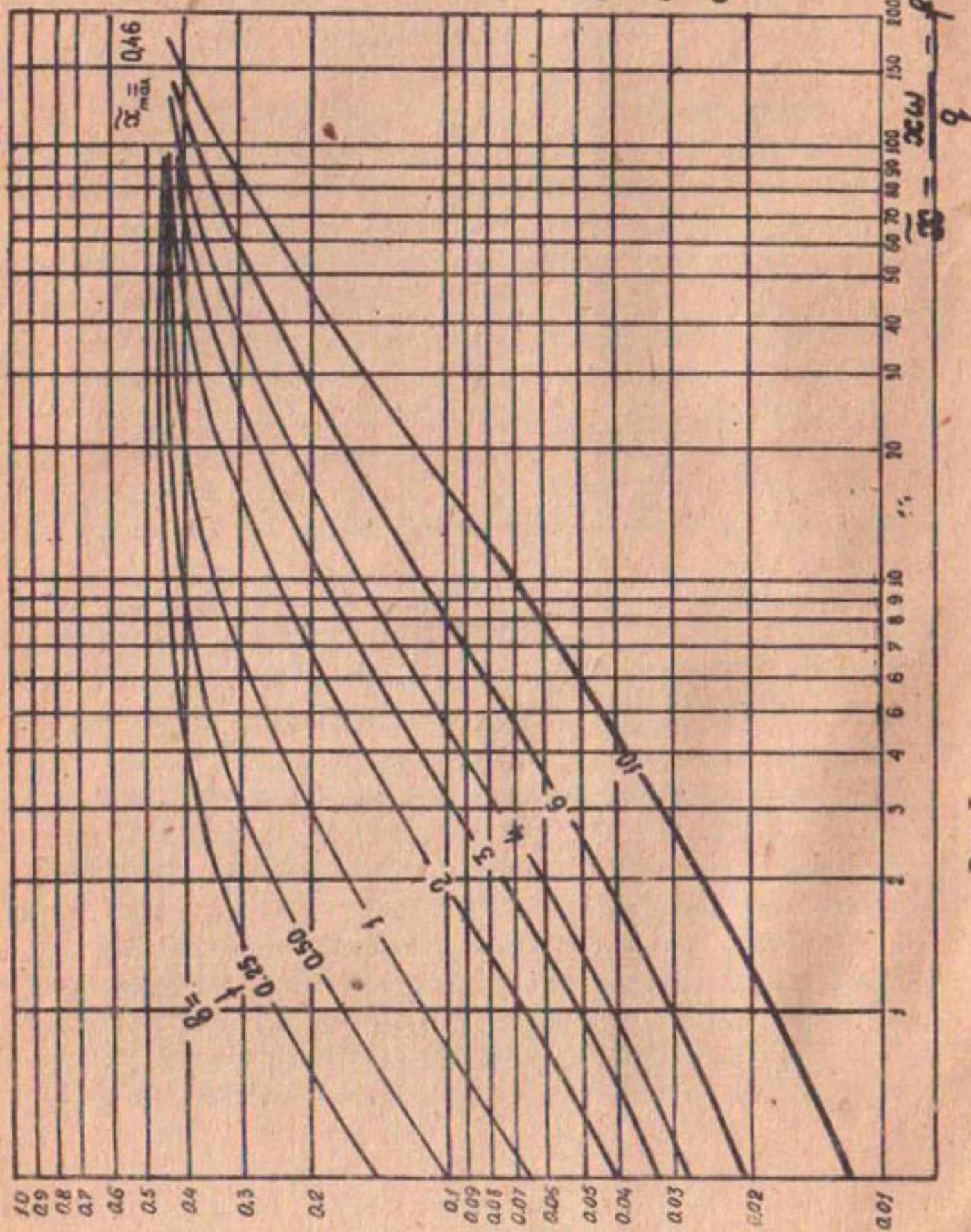
но зато, как выяснилось, усложнили задачу при пользовании графиками. Появилась необходимость пользоваться зависимостью $\bar{x} = f(t, x, \frac{q}{\omega})$, а не прямыми опытными данными

$$x = f(t).$$

Были вычислены ординаты для 900 кривых при 25 K пяти α и восьми δ для каждого K и α . Полученные кривые были сведены в альбом № I из 125 листов. Образец листа альбома кривых дан на рис. I.

Решение "обратной" задачи заключается в последовательном подборе параметров, удовлетворяющих уравнению, начиная с первых параметров, произвольно назначаемых (обычно средних по принятой классификации). Задача плохо обусловлена и решается машиной, когда удачно назначенные пер-

$$\tilde{x} = \frac{x\omega}{q}$$



$$K_1 = \frac{K_{\text{уст}} Q}{\omega}$$

$$K_1 = 2.10$$

$$\alpha = 0.75$$

$t, \text{ мин}$

$$\tilde{x} = \frac{x\omega}{q} = f(t, K_{\text{уст}}, B, \alpha)$$

Рис. I.

вые приближения K , β и α очень близки к истинным^{х/}.

Только в 1970 г. появляется вариант очевидно более удачного алгоритма для решения "обратной" задачи.

Продолжать исследования по теоретическому обоснованию бороздкового полива и разработке рациональной технологии стали возможными благодаря идеи – решать "обратную" задачу визуальным сопоставлением опытных кривых с теоретическими кривыми альбома № I. Если совпадают опытная и теоретическая кривые $x = f(t)$, то и впитываемость воды почвой поля, на котором проведен опыт, описывается зависимостью (2) с параметрами $K_{уст}$, β и α , при которых построена теоретическая кривая (3).

Было сопоставлено с альбомом кривых 630 опытов по $x = f(t)$: из них 473 проведены САННИРИ, а 157 – взяты из различных литературных источников и отчетов других институтов. 573 опыта сделаны в Средней Азии, 32 – в Закавказье, 25 – в различных областях РСФСР.

Недостаток "визуального" метода – его трудоемкость, так как нельзя заранее без соответствующего навыка достаточно быстро предвидеть, с которой из 900 теоретических кривых на 125 листах более лучше совпадет опытная кривая $x = f(t)$. Возможность интерполяции по α – практически исключена. В природе могут существовать любые α примерно в пределах от 0,30 до 0,9, а альбом составлен только для пяти α (0,333, 0,5, 0,667, 0,75 и 0,85), т.е. дискретно. Ответы по α могли быть получены в лучшем случае только с точностью, равной $\pm$ половине разности между α , принятой визуально и какой-либо соседней α из ряда, приведенного выше в скобках.

х/ Алгоритмы и программы решений "прямой" и "обратной" задач приводятся в статье Ф.Т.Абуталиева, Н.Т.Лактаева и Н.И.Мухитдинова "К теории расчета на ЭВМ задачи бороздкового полива", "Применение ЭВМ к решению задач математической физики". Изд-во "Фан" АН УзССР, Ташкент, 1967.

Результат нахождения параметров $K_{уст}$, β и α из сопоставления опытных $\chi = f(t)$ с альбомом теоретических кривых по всем 630 опытам — это изображенная на рис. 2. — совокупность точек, местоположение которых показывает величину $K_{уст}$ и β , а условный значок — показатель α . Эта совокупность, хотя и имеет определенные закономерности, но еще недостаточно упорядочена, так как на данной стадии камеральной обработки еще не выявлено влияние геометрии живого сечения борозды на процесс впитывания. Другими словами, не установлено изменение параметров $K_{уст}$, β и α в зависимости от расхода воды и уклона поля. Эту промежуточную задачу мы решали в нескольких вариантах, находя изменения параметров в зависимости от осредненных: площади живого сечения, смоченного периметра и ширины потока по верху β .

Наиболее удачная корреляция между параметрами впитывания и геометрией потока в борозде получалась при связи параметров с β , что позволило бы создать расчетные формулы бороздкового полива, но возникла идея, пользоваться связью между параметрами $K_{уст}$, β и α с относительной шириной потока по верху, равной отношению β к ширине междурядий A . Такой поворот в камеральной обработке сулил наметить классификацию (или систему) параметров почво-грунтов по водопроницаемости, независимую от техники поверхностного полива, т.е. такую систему стандартных $K_{уст}$, β и α , которая могла бы одинаково применяться, как для расчетов при поливе слоем воды (затопление, напуск), так и для расчета бороздкового полива при самых разнообразных расходах и на полях с любыми уклонами, поскольку q , i и β/α между собой связаны.

Полевые опыты САНИИРИ по изучению бороздкового полива проводились с одновременным изучением трех вариантов расходов (q_1 , q_2 и q_3), обычно в соотношениях 0,5—I—I,5. На основе последующей камеральной обработки данных этих опытов для $K_{уст}$ и β найдена следующая однотипная эмпирическая связь

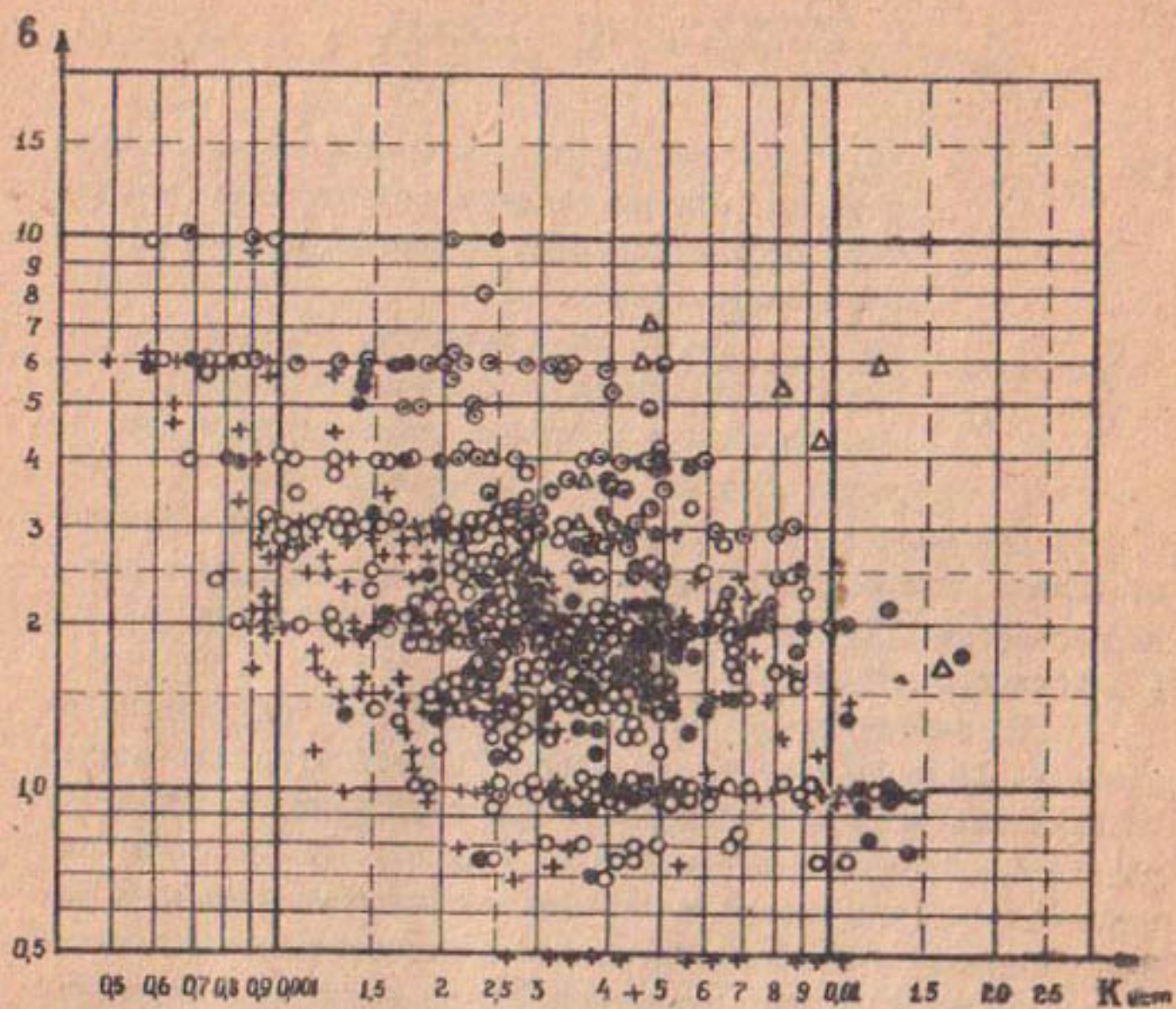


Рис. 2. Найденные из опытов $x=f(t)$ параметры $K_{уст}$,
 η и α к формуле впитывания

$\alpha = 0.533$	Δ
$\alpha = 0.50$	$\odot$
$\alpha = 0.667$	$\bullet$
$\alpha = 0.75$	$\circ$
$\alpha = 0.85$	$+$

$$K_{\text{уст.ст}} = \frac{K_{\text{уст.опыта}}}{\sqrt{1-(1-\delta/a)^3}} \quad \text{и} \quad \delta_{\text{ст}} = \frac{\delta_{\text{опыта}}}{\sqrt{1-(1-\delta/a)^3}}, \quad (4) \text{ и } (5)$$

где $K_{\text{уст.ст}}$ и $\delta_{\text{ст}}$ — параметры, названные стандартными, которые, как мы ожидали, должны характеризовать соответствующие параметры при поливе затоплением (напуском);

$K_{\text{уст.опыта}}$ и $\delta_{\text{опыта}}$ — те же параметры, определенные по вариантным опытам бороздкового полива;

δ/a — соответствующие относительные ширины, при которых определены опытные $K_{\text{уст}}$ и δ .

Как было выше сказано, относительные ширины зависят от уклона опытных борозд (поля) и применявшихся расходов по вариантам. Графическое изображение зависимостей (4) и (5) показано на рис.3.

По изменению α никаких закономерностей уловить не удалось. Достаточного числа прямых сопоставительных опытов по изучению динамики впитывания при затоплении и при бороздковом поливе на одном и том же поле у нас не было, за исключением двух опытов в Фергане на участке закрытого дренажа. Поэтому пришлось обратиться к опубликованным в литературе опытным данным. Обзор данных по изучению впитывания на площадках и в кольцах по преимуществу /4,5,6/, опубликованных в трудах НИИ почвоведения и сравнение их с нашим материалом свидетельствовало, что α при поливе затоплением (измерений на площадках и в кольцах) несколько ниже α при поливе по бороздам, т.е. затухание скорости впитывания при поливе затоплением происходит несколько медленнее, а скорости впитывания в первый час при затоплении больше, чем при поливе по бороздам.

В первом приближении было принято, что α — стандартные и α при бороздковом поливе примерно связаны зависимостью

$$\alpha_{\text{ст}} = 0,85\alpha \text{ опыта по бороздам.}$$

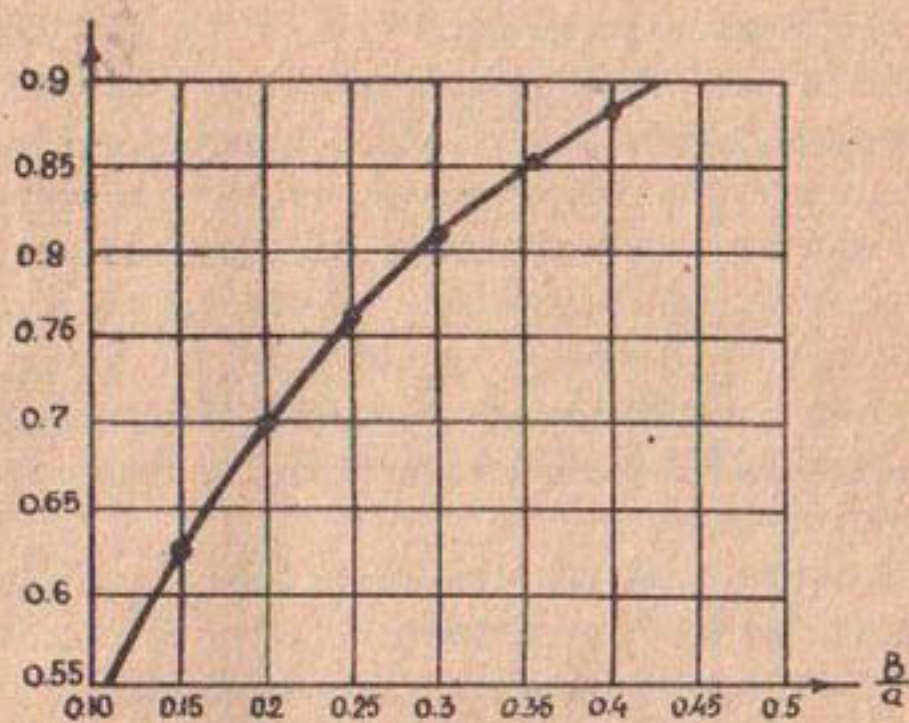


Рис. 3. График для вычисления

$$N = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{B}{A}\right)^3}$$

В дальнейшей камеральной обработке было выяснено, что эта связь будет лучше, если принимать

$$\alpha_{\text{пр}} = 0,9 \alpha_{\text{оп}}^{1,167} \quad (6)$$

На основании зависимостей (4), (5) и (6), каждая опытная точка и вся совокупность точек, показанная на рис.2, была трансформирована в поле "стандартных" $K_{\text{дет}}$ δ и α , т.е. в новую совокупность, уже независимую от примененных в опытах расходов и от уклонов опытных полей.

Новое поле, показанное на чертеже 4, уже было компактно и более упорядочено, чем изображенное на рис.2, что свидетельствует о правильности проведенной трансформации и наличии объективной закономерности в изучаемом природно-производственном явлении.

Изображение совокупности точек на чертеже подсказывало, что связь между параметрами $K_{\text{дет}}$ и δ математически может быть аппроксимирована зависимостью

$$K_{\text{дет}} \delta = f(\alpha^3).$$

Камеральная обработка показала, что $f(\alpha^3)$ довольно проста и полученная совокупность подчиняется зависимости

$$K_{\text{дет}} \delta = 0,03085 - 0,03165 \alpha_{\text{пр}}. \quad (7)$$

Формула (7), позволившая построить на чертеже сетку наклонных прямых, изображающих стандартные α 0,333, 0,5, 0,6, 0,7 и 0,75, получена так. Предварительно была сделана группировка опытных данных по α . В каждой группе найдены средне-арифметические $\bar{X} = K_{\text{дет}} \delta$ квадратичное отклонение каждого опыта, среднее квадратичное отклонение. Определен диапазон наиболее вероятных $\bar{X}$, по правилу о "3 σ " отброшены опыты с квадратами отклонений большими 3σ . Таких точек оказалось очень мало (см.табл. I). На рис.3 около этих точек поставлены знаки вопроса.

Внутри групп по α разброс точек наблюдается. На рисунке часто точки со своей альфой смещаются в полосы

(зоны) соседних альф. Но определенные по исходной группе средние $\bar{\chi} = \frac{\sum K_{\text{лет}} \cdot \delta_{\text{лет}}}{n}$ образуют хорошую закономерность. Они связываются с α простой линейной зависимостью.

Таблица I

Показатель	Группы по α					Примечание
	: 0,333	: 0,5	: 0,6	: 0,7	: 0,75	
Число точек, шт.	16	102	106	248	158	По группе $\alpha = 0,333$ число точек недостаточно
$\bar{\chi}_{\text{оп}}$	2,32	1,89	1,24	1,06	0,73	
Средне-квадратичное отклонение	0,487	0,321	0,405	0,348	0,32	
Число точек, отброшенных исходя из правила 50	3	13	10	7	5	

Здесь-то и сказалось то обстоятельство, что по методике исследований (конкретно из-за дискретного определения α), точность обработки материалов по α недостаточна. Если бы "обратная" задача решалась на ЭВМ, то в ее ответах получались бы любые промежуточные α , между соседними из пяти α , для которых были сделаны расчеты теоретических $\bar{\chi} = f(t)$ и построен альбом № I.

Однако повторение решений "обратных" задач уже с помощью ЭВМ и последующих расчетов вряд ли изменит результаты и выводы, так как число опытов велико, а взаимосвязь параметров по (7), обоснованная средними значениями из пяти групп (по разным α), дает вполне удовлетворительную связь опытного материала с принятыми зависимостями.

Следующий этап камеральной обработки заключался в группировке опытных данных в зависимости от почво-грунтов. В результате выяснилось:

I. Параметр $K_{\text{лет}}$ зависит от водопроницаемости подпахотного горизонта. Чем плотнее и тяжелее по мехсоставу подпахотный слой, тем меньше показатель $K_{\text{лет, ст}}$

2. Параметры $\delta_{ст}$ и $\alpha_{ст}$ зависят от структуры пахотного слоя. Чем более оструктурен этот горизонт (например, черноземы) или более макро-пористый, т.е. легкий по мехсоставу (супеси), тем меньше α и больше $\delta_{ст}$.

3. Параметры $K_{вет}$ и β несколько уменьшаются от первого вегетационного полива к последнему; связь между снижением водопроницаемости к концу вегетационного периода и повышением параметра α пока не подмечена.

Из 630 опытов по добегам и первому поливу относятся 175 опытов (27%), ко второму — 160 (25,4%), к третьему — 129 (20,5%), ко всем последующим 107 опытам (17%).

59 опытов, взятых из литературных источников, не имеют указаний на номер полива. Очевидно они относятся к первому поливу, т.е. подавляющая часть опытов (70%) относится к первым двум поливам. Одновременно эти поливы являются самыми сложными и ответственными и поэтому разработка технологии полива и нормативов должны быть созданы применительно к первым поливам.

Динамика впитывания зависит от исходной предполивной влажности, особенно по параметру β , что подмечено в некоторых опытах, где предварительно весовым способом определялась исходная влажность. Но таких опытов очень мало. Однако у нас нет сомнений, что подавляющее большинство опытов проводилось при исходной влажности близкой к нормальной, т.е. не ниже 0,65 ППВ.

Следует отметить, что большинство обработанных опытов было проведено на средне-, — тяжело-, и легкосуглинистых сероземах. Опытов на почвах других генезисов и на пустынных такырных почвах мало. Тем не менее есть основание дать предварительную привязку параметров $K_{вет}$, β и α к почвенным условиям.

Предлагаемая классификация параметров $K_{вет}$, β и α в зависимости от мехсостава подпахотного горизонта и оструктуренности пахотного слоя изображена в шкалах на рис.4 и в сетке на рис.5.

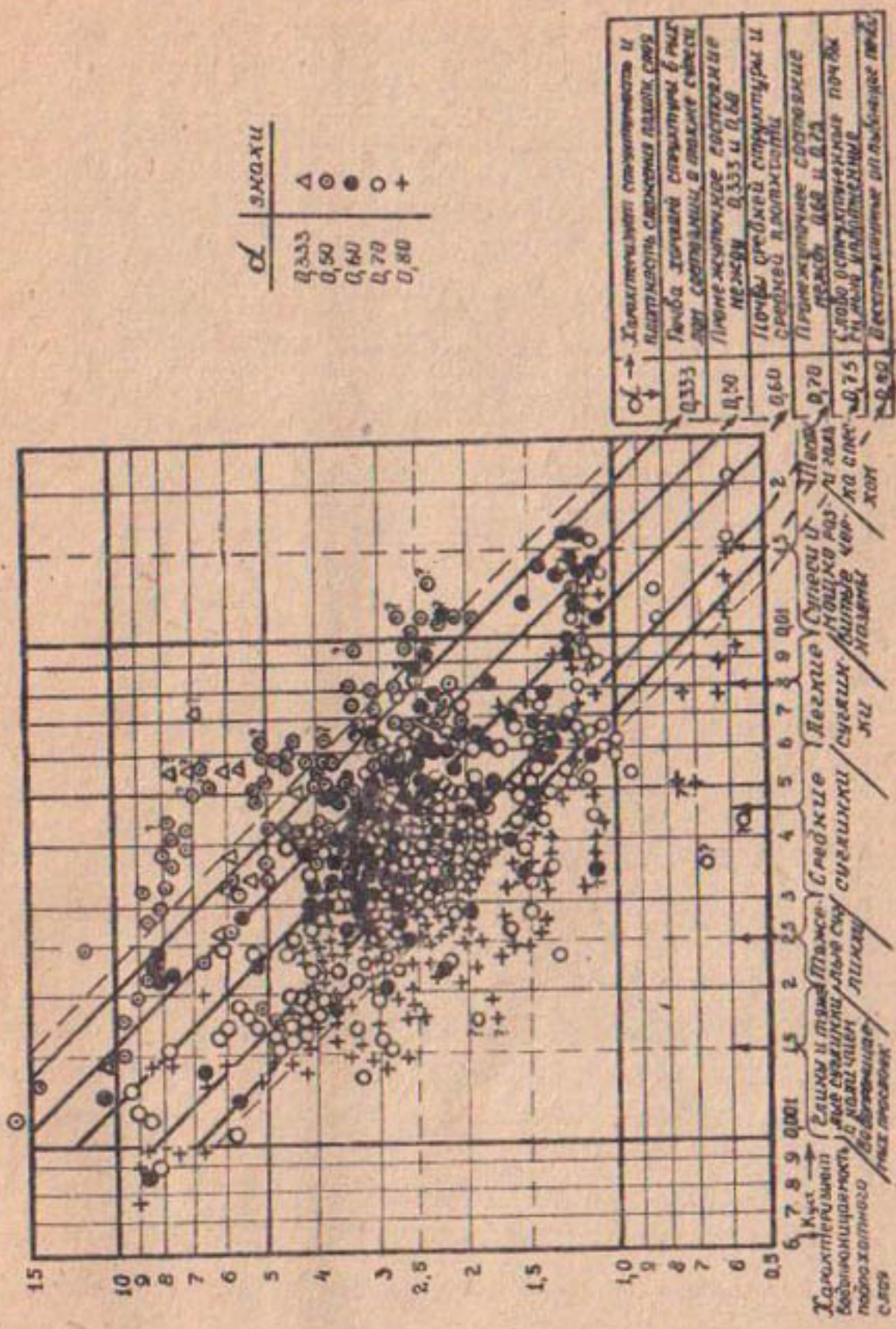


Рис. 4. Совокупность опытных точек $N_{ист}, b$ и α , трансформированных в стандартное поле.

Параметры почвы, определяемые по частоте

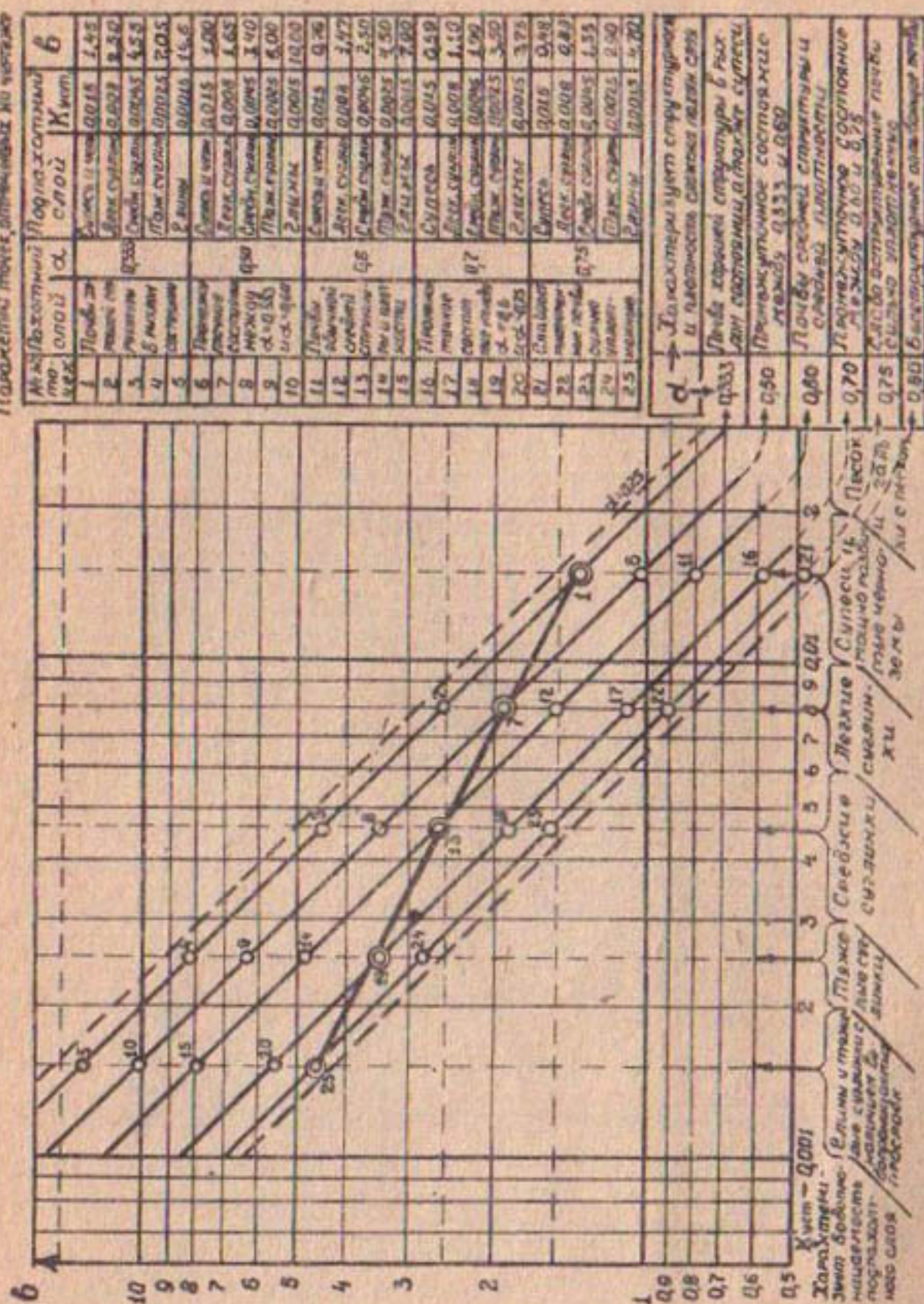


Рис. 5. Проект классификации параметров K и B и d в зависимости от почвенных условий.

Классификация по $K_{y\text{гг}}$ дана ниже оси $K_{y\text{гг}}$;
 по α - в правом нижнем углу у начал наклонных линий α .
 Параметр β находится по пересечению $K_{y\text{гг}}$ с нужной α
 и читается по левой вертикальной шкале. Кружочками отме-
 чены сочетания параметров при разных комбинациях острук-
 туренности пахотного и междурядного подпахотного слоев.
 Таблица в первом верхнем углу дает численное значение
 параметров для указанных кружочками комбинаций.

Пять точек выделены особо как типовые, показывающие
 сочетание параметров для пятибалльной оценки почво-грунтов
 по водопроницаемости:

- 1-ый балл - сильноводопроницаемые почво-грунты,
- 2-ой балл - почво-грунты повышенной водопрони-
цаемости,
- 3-ий балл - средневодопроницаемые почво-грунты,
- 4-ый балл - почво-грунты пониженной водопрони-
цаемости,
- 5-ый балл - слабопроницаемые почво-грунты.

Почвенные условия многообразны, но мы не имеем воз-
 можности разрабатывать технологию полива для всех комбина-
 ций условий. До поглощения почвой поливной нормы в 400-
 450 м³/га кривые скорости впитывания и кривые нарастания
 поливной нормы в разных условиях очень различные и пере-
 плетаются между собой. Иногда кривые по почво-грунтам с
 малым $K_{y\text{гг}}$ обгоняют в указанном начальном диапазоне кри-
 вые со средними $K_{y\text{гг}}$, но при выходе за 400-450 м³/га кри-
 вая с любыми сочетаниями параметров попадает в какой-то
 класс (балл) по водопроницаемости. На рис.6 для указанных
 пяти баллов водопроницаемости почво-грунтов изображены
 кривые нарастания поливной нормы ($m=f(t)$) и даны коли-
 чественные значения параметров $K_{y\text{гг}}$, β и α . Различия
 баллов по водопроницаемости могут быть оценены словесно,
 исходя из применимости дождевания, или бороздкового поли-
 ва с ориентировочными (пока) рекомендациями по длине бо-
 розд, следующими формулировками:

Сильноводопроницаемые - возможно дождевание всеми

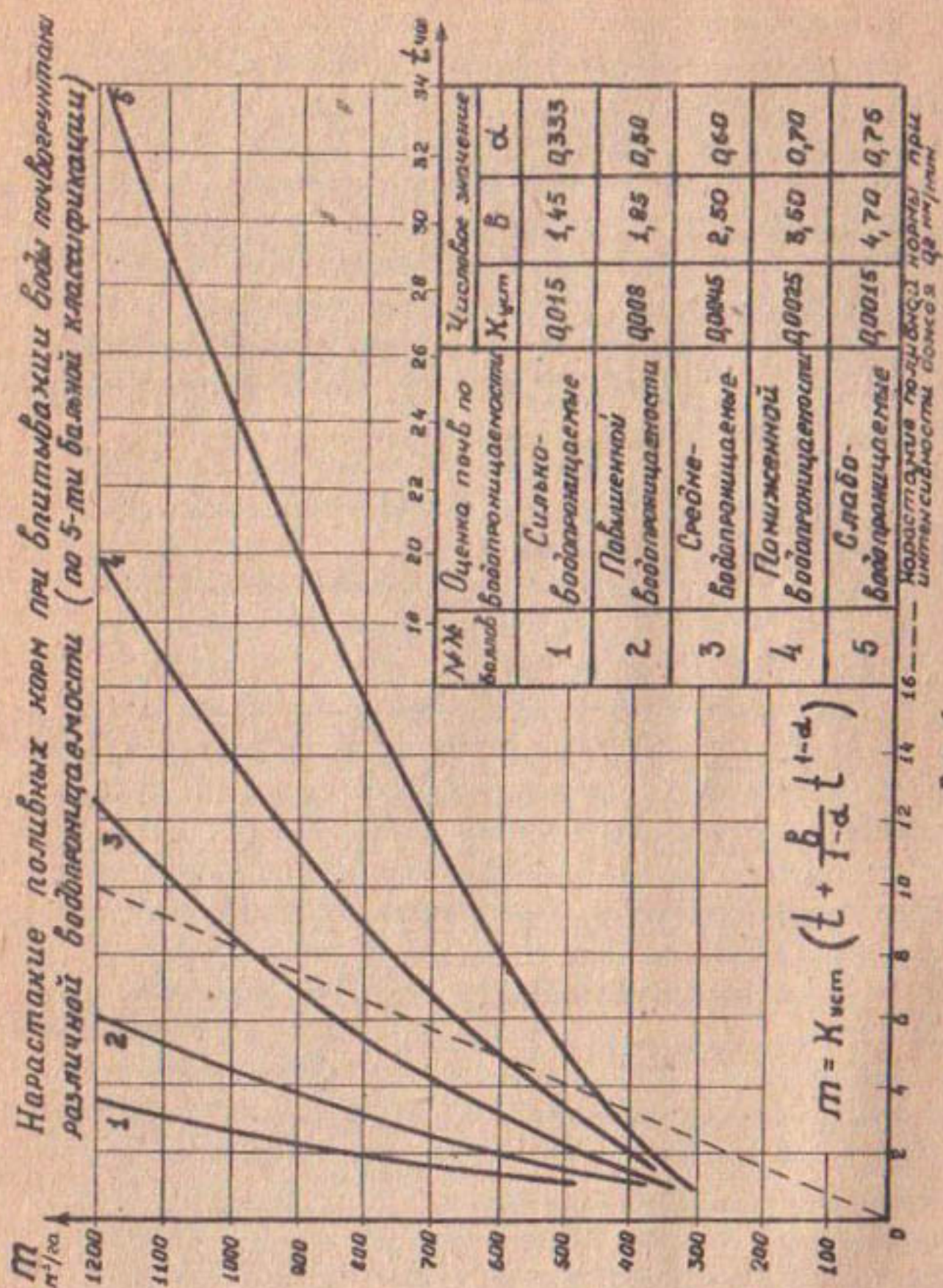


Рис. 6

аппаратами и машинами без образования луж и поверхностного стока; бороздковый полив возможен при бороздах длиной не более 100 м, поэтому он крайне нежелателен.

Повышенной водопроницаемости — возможно дождевание всеми аппаратами и машинами за исключением позиционного короткоструйного; бороздковый полив осуществляется при длине борозд 100–200 м, поэтому также нежелателен.

Средней водопроницаемости — возможно дождевание в позиции только дальне- и среднеструйными насадками; возможно прерывистое дождевание машинами ДДА-100М в движении при длине гона не менее 300 м; бороздковый полив производится по бороздам длиной от 200 м (большие уклоны) до 300 м (малые уклоны).

Пониженной водопроницаемости — дождевание нерацionalmente; бороздковый полив осуществляется при длине борозд 300–400 м.

Слабоводопроницаемые — дождевание невозможно; полив по бороздам допустим при длине борозд, превышающей 400 м.

Вслед за водопроницаемостью другим важным фактором для разработки технологии полива, создания поливных устройств и машин являются средние уклоны орошаемых земель. Применительно к задачам разработки технологии полива устанавливается следующая классификация уклонов (табл.2), разработанная нами ранее в "Методических указаниях по районированию орошаемых земель Узбекистана в целях применения наиболее рациональных способов и техники полива".

Для диапазона уклонов от 0,05 и выше, т.е. для горных и предгорных регионов, с целью выделения территории подлежащих террасированию, оценивается сложность рельефа, которая дается по степени извилистости горизонталей, основываясь на следующих признаках:

Сложный рельеф — местности сильно расчлененные оврагами или западинами с крутыми склонами, сильно волнистый покатый рельеф склонов относительно узких горных долин,

Таблица 2

Величина гос- подствущего уклона мест- ности от -до:среднее:	Наименование	Особенности в тех- нике поперхиостно- го орошения; раз- новидности полива	Особенности при- гальной сети, подводящей воду к полям (перспек- тива)
Менее 0,001 0,0005	Зона безуклон- ных и очень малоуклонных земель	Полив без сброса . Подпор с конца борозды распростра- няется на 300-250 м, чем обеспечивается высокий к.п.д. тех- ники полива	Заглубленные зем- ляные каналы, пе- редвижными насоо- ными станциями во- да подается в по- ливные устройства и машины
0,001 0,00175 0,0025	Зона малых ук- лонов	Полив без сброса. Подпор распростра- няется на 75-100 м	Железобетонные лотки и бетониро- ванные каналы
0,0025- 0,0075 0,005	Зона средних ук- лонов, имеющая наибольшее рас- пространение	В конце борозды не- большой местный под- пор на 10-50 м. Наб- людаются незначи- тельные сбросы воды, но их можно избежать при поливе уменьшен- ным расходом	Закртыя сеть под- земных трубопрово- дов с гидрантами, с относительно большими диаметра- ми труб 0,3-0,35 м
0,0075- 0,025 0,01	Зона больших уклонов	Начало явления эро- зии почв при поли- вах. Необходимо сни- жать расходы против оптимальных, к.п.д. полива снижаются	То же $d=0,25-0,3$ м
0,025- 0,05 0,04	Зона очень боль- ших уклонов	Вынужденный полив очень малыми расхо- дами, неизбежны сбро- сы и переувлажнение верхней части бороз- ды, самые низкие к.п.д. техники поли- ва	То же $d=0,20-0,15$ м
0,05- 0,1 0,075	Зона средних склонов предго- рий и возвышен- ных рельефов	Полив по склонам бороздам и контурное орошение	То же $d=0,15-0,20$ м
Больше 0,1 0,2	Зона крутых склонов в тех же регионах	Полив по террасам	То же $d=0,12-0,15$ м

а также сильноволнистые склоны с увалами и отдельными холмами предгорной зоны (адырный рельеф).

Рельеф средней сложности — местности расчлененные тальвегами и водоразделами с сильновыраженным волнистым строением рельефа.

Слабоволнистый рельеф — местности слабоволнистого строения, расчлененные относительно неглубокими водоразделами со спокойными покатостями.

Как правило, земли с такими рельефами должны использоваться под садами и виноградниками и орошаться дождеванием. Во избежание поверхностного стока воды, дождевание на землях с большими уклонами должно проводиться с пониженной интенсивностью дождя. Если же по условиям водопроницаемости дождевание в таких условиях невозможно, то должно осуществляться поверхностное орошение с обязательным применением противоэрозионных мероприятий (табл.3).

Таблица 3

Характеристика рельефа	Зона крутых склонов	Зона средних склонов	Зона очень больших уклонов
	Величина уклонов		
	больше 0,1	0,1-0,05	0,05-0,02
Сложный рельеф	Террасирование с устройством подпорных стенок	Террасирование с устройством земляных валиков и сопрягающих крутых наклонных плоскостей	Полив по бороздам по наименьшему уклону
Рельеф средней сложности	Террасирование с устройством земляных валиков и сопрягающих крутых наклонных плоскостей	Полив по бороздам по наименьшему уклону	Полив по бороздам по наименьшему уклону
Слабоволнистый рельеф	Полив по бороздам по наименьшему уклону	То же	То же

Из табл.3 видно, что для надежного пресечения эрозии почв и повышения коэффициента земельного использования, в перспективе на землях крутых склонов со сложным рельефом предусматривается ограждение террас подпорными стенками.

Так были установлены те типовые комбинации почвогрунтов по водопроницаемости и уклонам орошаемых полей, для которых будет разрабатываться технология бороздкового полива. Эта новая задача заключается в выборе оптимального варианта элементов техники полива. Методика решения представляет собой как бы ход, обратный вышеописанному. Необходимо сначала от полученных стандартных параметров по водопроницаемости и стандартных уклонов перейти к расчетным параметрам водопроницаемости при различных расходах. Эта часть задачи решалась вручную, с помощью формул (4), (5) и (6). Затем, по полученным расчетным параметрам водопроницаемости для различных уклонов и расходов рассчитывались на ЭВМ теоретические кривые $x = f(t, q, i, K_{у\text{в.расч}}, B_{расч}, d_{расч})$ по уравнению (3). Набор вычисленных кривых и комбинации расходов и параметров показаны в таблице 4.

На основании вычисленных кривых $x = f(t)$ и кривых $m = f(t)$ при тех же параметрах водопроницаемости, строятся эпюры изменения увлажнения вдоль борозды на определенные моменты времени. Из этих кривых и эпюр был составлен альбом (рис.7), по которому проводилась основная работа по подбору оптимальной технологии бороздкового полива. Один из листов альбома приводится на рис.7.

После полива по бороздам обычно переувлажняется головной участок, но есть также такой (или точка А), который недоувлажняется. При поливе на больших и средних уклонах, когда подпор воды в конце борозды практически невозможен, точка А совпадает с концом борозды. На малых же уклонах всегда создается подпор воды в конце, что благоприятно влияет на выравнивание увлажнения по длине борозды. Чем меньше уклон, тем на большую длину распро-

Таблица 4

Классификация почво-грунтов по баллам водопроницаемости																					
Уклоны	q л/сек	1			2			3			4			5							
		N вари- ант	$K_{уст.ст}$ =0,0015	$\sigma_{ст}$ =1,45	$\alpha_{ст}$ =0,333	N, N вари- ант	$K_{уст.ст}$ =0,008	$\sigma_{ст}$ =1,85	$\alpha_{ст}$ =0,5	N, N вари- ант	$K_{уст.ст}$ =0,0045	$\sigma_{ст}$ =1,55	$\alpha_{ст}$ =0,60	N, N вари- ант	$K_{уст.ст}$ =0,0025	$\sigma_{ст}$ =3,5	$\alpha_{ст}$ =0,7	N, N вари- ант	$K_{уст.ст}$ =0,0015	$\sigma_{ст}$ =4,7	$\alpha_{ст}$ =0,75
0,0005	1,5	Ia	0,014	1,35	0,43	2a	0,00744	1,72	0,60	3a	0,0042	2,33	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,0	Iб	0,0137	1,32	0,43	2б	0,0073	1,69	0,60	3б	0,0041	2,28	0,70	4a	0,00228	3,19	0,80	-	-	-	
	0,75	-	-	-	-	2в	0,0072	1,66	0,60	3в	0,00405	2,25	0,70	4б	0,00225	3,14	0,80	5a	0,00135	4,23	0,85
	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	3г	0,00393	2,18	0,70	4в	0,00218	3,05	0,80	5б	0,00131	4,10	0,85
	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4г	0,0021	2,94	0,80	5в	0,00126	3,95	0,85
0,00175	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4д	0,00199	2,78	0,80	5г	0,00119	3,74	0,85
	2,0	6a	0,0136	1,31	0,43	7a	0,00723	1,67	0,60	8a	0,00407	2,26	0,70	-	-	-	-	-	-	-	
	1,5	6б	0,0132	1,29	0,43	7б	0,00713	1,65	0,60	8б	0,00402	2,23	0,70	9a	0,00223	3,12	0,80	-	-	-	
	1,0	-	-	-	-	7в	0,00697	1,61	0,60	8в	0,00392	2,18	0,70	9б	0,00218	3,05	0,80	10a	0,00131	4,10	0,85
	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	8г	0,00387	2,15	0,70	9в	0,00215	3,01	0,80	10б	0,00129	4,04	0,85
0,005	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	8д	0,00375	2,08	0,70	9г	0,00208	2,92	0,80	10в	0,00125	3,92	0,85
	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9д	0,00199	2,79	0,80	10г	0,00119	3,74	0,85
	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9е	0,00187	2,62	0,80	10д	0,001125	3,52	0,85
	1,5	IIa	0,0128	1,24	0,43	12a	0,00683	1,58	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1,0	IIб	0,0125	1,21	0,43	12б	0,00667	1,545	0,60	13a	0,00376	2,09	0,70	14a	0,00209	2,69	0,80	-	-	-	
0,01	0,75	IIв	0,0123	1,195	0,43	12в	0,00658	1,52	0,60	13б	0,0037	2,06	0,70	14б	0,00206	2,88	0,80	15a	0,00123	3,86	0,85
	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	13в	0,00358	1,99	0,70	14в	0,00199	2,73	0,80	15б	0,00119	3,74	0,85
	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	13г	0,0034	1,89	0,70	14г	0,00189	2,65	0,80	15в	0,00135	3,56	0,85
	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14д	0,00178	2,48	0,80	15г	0,001065	3,33	0,85
	1,0	I6a	0,01215	1,175	0,43	17a	0,00648	1,50	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,04	0,75	I6б	0,01195	1,155	0,43	17б	0,00636	1,45	0,60	18a	0,00358	1,99	0,70	-	-	-	-	-	-	-	
	0,5	I6в	0,01155	1,115	0,43	17в	0,00616	1,425	0,60	18б	0,00346	1,925	0,70	19a	0,001925	2,69	0,80	-	-	-	
	0,25	I6г	0,01105	1,07	0,43	17г	0,0059	1,36	0,60	18в	0,00332	1,84	0,80	19б	0,00184	2,58	0,80	20a	0,0011	3,46	0,85
	0,10	I6д	0,0103	1,00	0,43	17д	0,0055	1,275	0,60	18г	0,0031	1,72	0,70	19в	0,00172	2,41	0,80	20б	0,00103	3,24	0,85
	0,05	I6е	0,0098	0,945	0,43	17е	0,0052	1,205	0,60	18д	0,00293	1,63	0,70	19г	0,00163	2,28	0,80	20в	0,00098	3,06	0,85

Намеченные варианты расходов на различных уклонах и расчетные параметры $K_{уст}$, σ и α и для расчета $\chi = f(t)$.

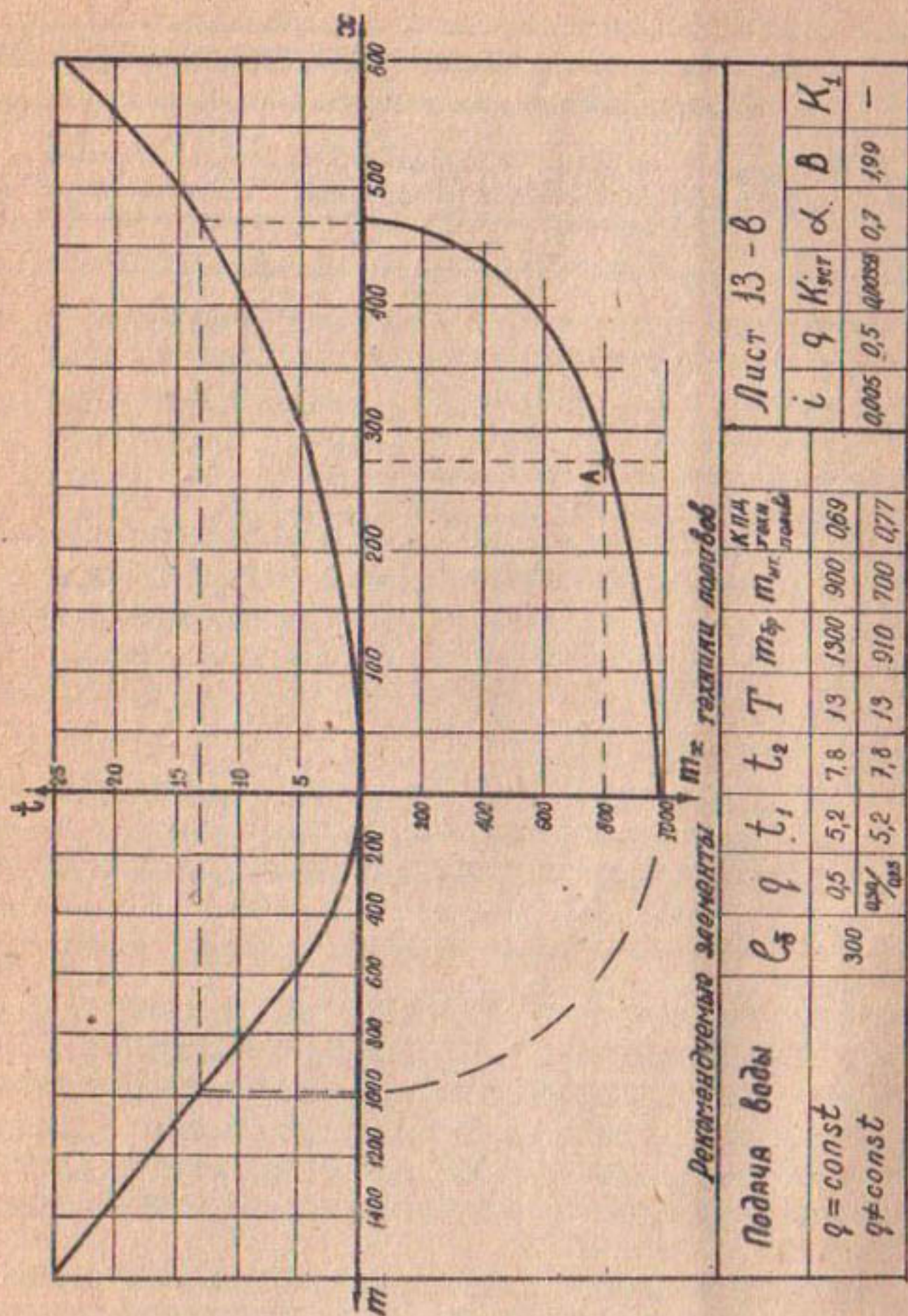


Рис.7.

страняется подпор, ближе к голове сдвигается критическая точка.

Расчетных формул для зависимости изменения увлажнения на подпертом участке пока нет. Но без больших погрешностей в практических расчетах корректировать эпюры увлажнения на участке подпора можно следующим графоаналитическим приемом:

1) принимается, что увлажнение в конечной точке борозды идет, как бы при затоплении, т.е. по кривой впитываемости при "стандартных" $K_{\text{уег}}$, β и α , т.е. быстрее, чем при бороздковом поливе;

2) принимается, что приращение эпюры увлажнения на участке подпора равно объему мысленного сброса за пределы борозды, если бы подпора не было. Это приращение можно подсчитать, так как объем сброса (условная эпюра - сброса) легко рассчитывается;

3) принимается, что площадь приращения имеет форму обычного или параболического треугольника, если площадь обычного треугольника окажется больше эпюры сброса.

Типичные осредненные поливные нормы нетто, к которым желательно стремиться, допустимый коэффициент снижения увлажнения в критической точке A и допустимое увлажнение в точке A , выраженное в поливной норме нетто, были предварительно приняты по таблице 5, сообразуясь с рекомендациями СоюзНИХИ и расчетным режимом орошения Средазгип-проводхлопка.

Указанные в графе 5 табл. 5 минимально допустимые увлажнения являются как бы результатом полива на самом неблагоприятном "критическом" отрезке борозды (в точке A). Но необходимо учесть одно обстоятельство: мы считаем, что результат полива нужно оценивать по достигнутому увлажнению почво-грунта не в момент окончания полива, а на 1,5-2 дня позднее. В первые дни после окончания полива имеют место очень большие потери на испарение. Скорость испарения в эти дни никак не может сравниваться со скоростью испарения воды почвой в межполивные периоды, разме-

Таблица 5

Расчетные поливные нормы "нетто" и допустимое
увлажнение в критической точке А

Почвы	Корреля- ция с	Поливная норма	Коэффи- циент	Допусти- мое ув-	Ожидаемые: Необходи- мые: потери на: мая нор-
		нетто, м ³ /га	уменьше- ния	лажнение в точке А	испарение: ма в точ- ке А, м ³ /га
1	2	3	4	5	6
Влагодоступные почвы-грунты с большой порозностью, тя- желого механического со- става	5	1100	0,8	880	156
Промежуточные почвы-грунты между 1 и 3	4	1000	0,775	775	131
Средние почвы-грунты	3	900	0,75	675	118
Промежуточные почвы-грунты между 3 и 5	2	750	0,725	550	100
Почвы легкого механического состава, мощностью 0,8-1 м, с малой полевой влагоем- костью, возможно оскелечен- ные	1	600	0,700	420	84
					504

рами почвенного испарения какими они принимаются в обычных расчетах.

Опыты по определению такого преувеличенного испарения в указанные дни не проводились, за исключением работ СоюзНИХИ, где указывалось, что потери на испарение сразу после полива могут достигать $100 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки.

Минимум на это испарение тратится разница между полной потенциальной влагоемкостью (равной порозности) пахотного слоя и предельной полевой влагоемкостью его.

Конечно испарение в дневные и ночные часы совершенно различно, но не имея нужных данных и не желая усложнять свои расчеты, мы для условий аридной зоны ориентировочно приняли потери на испарение в первые дни до их стабилизации после тракторных обработок в размерах, показанных в табл. 6. Интенсивность испарения за один час в табл. 6 принята осредненная среднесуточная, а не дневная или ночная.

Согласно результатам расчета табл. 5 дополнена 6 и 7 графами. Графа 7 показывает, какова должна быть поливная норма на самом неблагоприятном отрезке борозды в момент окончания полива, чтобы через 1,5–2 дня иметь увлажнение не ниже указанного в графе 6.

Кроме потерь на испарение в первые дни после полива, во время проведения самого полива имеются потери на испарение, которые учтены в формуле впитывания, так как при проведении опытов по впитыванию, испарение, конечно, присутствовало, но отдельно не измерялось и не выделялось.

Однако в некоторых особых случаях необычно большие потери на испарение в процессе полива надо учитывать. При малых и очень малых уклонах поливать по бороздам без некоторого подтопления (подпора в конце борозды) невозможно.

Распространение подпора нами принимается по горизонтали, исходя из глубины наполнения в концевой точке борозды в 12,5 см от дна борозды. При уклоне 0,0005 подпор распространяется на 250 м, при 0,00175 – 70 м, а при

Таблица 6

Возможные потери на интенсивное испарение воды с поверхностного слоя почвы в первые дни после полива (в условиях Средней Азии)

Почвы	Время : : интен- : : сивно- : : го ис- : : паре- : : ния, : : час.	Порядковые сутки после окончания полива											Итого : Необ- : : потерь, ходи- : : м ³ /га : мая : : норма : : в точ- : : ке А, : : м ³ /га
		1-не	2-не	3-и	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Супесчаные	36	2,5	24	60	2	12	24	-	-	-	84	504	
Легкосуглинистые	42	2,6	24	62	2,1	18	38	-	-	-	100	650	
Среднесуглинистые	48	2,7	24	65	2,2	24	53	-	-	-	118	793	
Тяжелосуглинистые	56	2,8	24	67	2,3	24	55	1,5	6	9	131	1006	
Глины и тяжелые су- глинки с очень плот- ной плужной подошвой	60	3	24	72	2,5	24	60	2	12	24	156	1036	

Примечание. Графы 3, 6 и 9 - испарение 1 м³/га в час.

Графы 4, 7 и 10 - расчетное число часов в указанных
порядковых днях.

Графы 5, 8, 11 - суточные потери поданной воды на
испарение 1 м³/га в сутки.

0,005 — всего на 25 м, что при подборе элементов техники полива мы не учитывали в "запас прочности". В вариантах с уменьшенными расходами длина распространения подпора будет меньше указанных, так как большая часть воды поглощается в верхней части борозды и меньшая доля идет на образование подпертого слоя, на образование которого идет та часть стока, которая прошла бы ниже конечного створа, если бы борозда продолжалась дальше, или ушла бы в сброс, если бы его можно было бы осуществить. Эта часть стока ясно видна на эпюрах.

Потери на испарение с подпертых участков мы принимали ориентировочно, сообразуясь с данными отдела гидрологии и водного баланса САНИИРИ. Согласно этим данным, суточное испарение с мелководья и с сильноувлажненной почвы примерно равны и составляют в аридном климате $100 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки.

На основании описанного графоаналитического расчета и корректировок по соображениям (в части размеров испарения) для 99 вариантов, указанных в табл.4 комбинаций уклонов, расходов и почво-грунтов по водопроницаемости выбраны наиболее благоприятные сочетания элементов техники полива, приведенные в табл.7.

По графикам альбома № 2 графоаналитически можно вычислить потери воды на сброс в конце борозды и на глубинное просачивание в головном участке при больших уклонах, или в конечном участке при малых уклонах.

Для расчета потерь на глубинное просачивание следует назначить расчетную поливную норму по разности между предельной полевой влагоемкостью и оптимальной предполивной влажностью корнеобитаемого слоя с некоторым запасом. Предлагаемый запас учитывает расход воды на транспирацию растений в период от момента взятия образцов для определения предполивной влажности до взятия образцов после полива, как это обычно делается в практике полевых исследований. Кроме того, в грунтах с хорошими капиллярными свойствами, в запас может входить некоторая часть поданной в

**Рекомендуемые сочетания элементов
техники бороздного полива для типовых условий
при постоянном расходе**

№ п.п.	Водопроницаемость почво-грунтов	Показатели	Уклон вдоль поливных борозд, обычно совпадающий с наибольшим уклоном местности				
			0,04	0,01	0,005	0,00175	0,0005
			4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сильноводопроницаемые: супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником, примерно с I м	l , м	40	105	180	200	150
		q , л/сек	0,1	0,5	0,75	1,5	1,0
		t_1 , часы	5,5	1,3	3,0	1,25	1,8
		t_2 , "	2,5	1,9	0,5	0,75	0,2
		T , "	8	3,2	3,5	2	2,0
2	Повышенной водопроницаемости - легкие мощные суглинки	l , м	75	130	250	300	250
		q , л/сек	0,1	0,25	0,75	1	0,75
		t_1 , часы	7,8	4,6	2,8	3,1	4,6
		t_2 , "	6,2	4,8	3,1	2,1	1,2
		T , "	14	9,4	5,9	5,2	5,8
3	Средневодопроницаемые - средние суглинки	l , м	100	175	300	300	350
		q , л/сек	0,1	0,25	0,5	0,5	0,5
		t_1 , часы	6	5	5,2	6	10
		t_2 , "	17	11	7,8	6,5	4
		T , "	23	16	13	12,5	14
4	Пониженной водопроницаемости - тяжелые суглинки	l , м	150	200	325	400	500
		q , л/сек	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5
		t_1 , часы	9	18	10	20	13
		t_2 , "	32,5	29	26	17	8
		T , "	41,5	47	36	37	21
5	Слабоводопроницаемые: глины и суглинки, подстилаемые непроницаемыми прослойками	l , м	125	150	250	300	600
		q , л/сек	0,05	0,05	0,1	0,1	0,25
		t_1 , часы	14	20	20	34	35
		t_2 , "	76	67,5	55	41	20
		T , "	90	87,5	75	75	55

грунт воды, размещаемой после полива в виде подвешенной влаги ниже корнеобитаемого слоя, но впоследствии полезно-используемой подтягиванием вверх капиллярными и пленочными силами.

Величина таких поливных норм, которые мы рекомендуем принимать за нормы "нетто", в инженерных расчетах (не агробиологических!) принята нами по графе 13 табл.5.

Если эту поливную норму "нетто" разделить на норму "брутто", то получим коэффициент полезного действия техники полива. Для рассмотренных комбинаций i, q, l, t полученные к.п.д. техники полива и η — "брутто" показаны в табл.8.

В производственных условиях размер фактических поливных норм в большой степени зависит от продолжительности пуска воды в борозды, иначе от организации труда поливальщиков.

Основная затрата труда при поливе приурочена к началу полива, когда подготавливается участок, заправляются оголовки борозд, распределяется вода между бороздами. Дальше полив осуществляется с меньшей интенсивностью труда (пассивное наблюдение). Обычно начинают полив утром или вечером. В жаркое время дня полив нового участка не начинают. Для небольшого коллектива поливальщиков при сменной организации труда важно примерное уравнивание затрат труда отдельными членами коллектива. Поэтому в практике не производится передача полива (работы) в любой стадии. Пуск воды в новую серию борозд (новый участок) приурочивается к сменам. Этим обуславливается определенная продолжительность пуска воды в борозду, зачастую отличающаяся от оптимального времени.

Камеральная обработка по уточнению оптимальных сочетаний элементов техники полива в связи с возможной организацией труда еще не закончена. Следует ожидать, что после завершения этого раздела исследований данные табл.7 и 8 могут несколько измениться.

Графоаналитические расчеты по выбору элементов тех-

К.п.д. техники полива и типичные поливные нормы
(подача на поле) при бороздковом поливе
в различных природных условиях
при постоянном расходе в голове борозды

№	Водопроницае- мость почво- грунтов	Наимен. показ.	Уклон вдоль поливных борозд, обычно совпадающий с наибольшим уклоном местности				
			больше 0,02	0,02 - 0,0075	0,0075 - 0,0025	0,0025 - 0,001	менее 0,001
1	2	3	4	5	6	7	8
I	Сильноводопрони- цаемые супеси и легкие суглинки, подстилаемые га- лечником, пример- но с I м	К.п.д. <i>m_{до}</i>	0,50 1200	0,66 915	0,68 880	0,67 900	0,67 800
2	Повышенной водо- проницаемости, легкие мощные суглинки	К.п.д. <i>m_{до}</i>	0,67 1120	0,69 1085	0,70 1065	0,70 1040	0,70 1045
3	Средневодопрони- цаемые - средние суглинки	К.п.д. <i>m_{до}</i>	0,65 1380	0,66 1370	0,69 1300	0,72 1250	0,75 1200
4	Повышенной водо- проницаемости - тяжелые суглинки	К.п.д. <i>m_{до}</i>	0,60 1660	0,62 1610	0,64 1525	0,72 1390	0,74 1260
5	Слабоводопрони- цаемые - глины и суглинки, подсти- лаемые непроницае- мыми прослойками	К.п.д. <i>m_{до}</i>	0,50 2160	0,55 1800	0,57 1700	0,69 1500	0,73 1375

Примечание. 1. Выше и левее сплошной толстой линии - сочетание условий, в которых несмотря на относительно небольшие поливные нормы очень велики потери на глубинную фильтрацию.

2. Ниже и левее пунктирной линии - сочетание условий, в которых полноценный полив осуществляется в 2-3 приема (с перерывами в 2-3 суток), сильно возрастают потери на испарение и имеют место потери на глубинную утечку в нижней части поля и в понижениях микрорельефа.

ники полива сделаны для полива постоянной струей, т.е., когда расход воды в голове борозды после добега до конца не меняется. По этой причине поливные нормы "брутто" получились довольно высокими, а к.п.д. техники полива низкими. Однако в производственных условиях такие поливные нормы и к.п.д. техники полива по бороздам являются лучшими образцами.

Большой материал по изучению фактически поливных норм в колхозах и совхозах свидетельствует, что поливные нормы в производстве составляют 1500–2000 м³/га и более.

Полив с переменной струей осуществляется только опытными поливальщиками на системах достаточно водообеспеченных, где получение полеводческой бригадой (хозяйством) необходимых расходов воды в предстоящие дни и декады практически гарантировано возможностью систем почти всегда удовлетворить требования хозяйств.

Осуществление слива переменной струей, вообще, не означает адекватной экономии оросительной воды для данного хозяйства. Обычно излишек воды, получаемый после сокращения расхода, или направляется в сброс, или остается в подводящем канале, а по нему он также направляется в сброс. Если же подводящий канал транзитный, то нижерасположенный водопользователь не всегда готов к использованию излишка воды. Зачастую даже не готово к поливу соседнее поле в той же полеводческой бригаде.

Подача воды хозяйству, полеводческой бригаде (единице водопользования) непрерывна и в течение нескольких дней фактически стабильна. За вегетационный период она плавно возрастает, а затем убывает примерно комфортно графикам гидромодуля.

Использование же воды на полях — операция дискретная. Скачки наблюдаются как раз при переключении воды с участка на участок, при включении дополнительного фронта полива или изменении его, а также при изменениях в подаче воды после добега струи до конца борозд. Размер используемой воды на полях во времени меняется и от очень многих организационных причин.

Несоответствие между водоподачей и водоиспользованием на полях затушевывается, сглаживается, если взять хозяйство в целом и далее административный район, систему. Результат этого несоответствия — рассчитываемые камерально коэффициенты использования воды, которые, как правило, значительно ниже единицы.

В полеводческой бригаде несоответствие между водоподачей и водопользованием явно выражено и может быть замерено. Оно регулируется (смягчается) самовольным водозабором, сбросом или отказом от воды. Как наличие несоответствия, так и приемы его регулирования, бригадирам полеводческих бригад и поливальщикам представляются обычными неизбежными явлениями. Они понимают, что водопользование в бригаде нельзя уложить в заранее определенную схему, с хорошо притгнанными элементами.

Если поставить категорическое требование, что оросительная вода должна безусловно полностью использоваться, то техника полива и водопользование на полях, т.е. нижнее звено оросительной системы окажется самым тяжелым объектом внедрения систем автоматического управления. Эти трудности разрешимы только при наличии бассейнов, хотя бы суточного регулирования расходов воды, поступаемых в хозяйство. По указанным соображениям автоматику и телемеханику оросительных систем следует внедрять сверху вниз, а не наоборот.

Размеры водопотребления и пропускные способности каналов (лотков, труб), подводящих воду к полям должны пока проектироваться и осуществляться с учетом размеров поливных норм и к.п.д. техники полива, приведенных в табл.8.

Стационарные устройства, машины и поливное оборудование должны создаваться обязательно с возможностью изменять расходы в процессе полива.

Полив переменным расходом не только снижает поливную норму, повышает к.п.д. техники полива, но и снижает эрозию почв, ликвидируя прямой вынос почвы за пределы поля, предотвращает вынос части минеральных удобрений.

Используя те же графики альбома № 2 графоаналитически можно построить эпюру увлажнения, вычислить поливные нормы "брутто" и к.п.д. техники полива для варианта полива с переменной струей, что нами и сделано для всех 25 вариантов сочетаний водопроницаемости почво-грунтов и уклонов. Результаты расчета даны в табл. 9, 10.

Сотрудник Института кибернетики и ВЦ АН УзССР тов. Г. Н. Будников составил алгоритм и программу расчетов для функции $q = f(t)$ при $t > t_{\text{добега}}$, исходя из условия, что подаваемый в голову борозды расход после добега струи до конца борозды, должен полностью впитываться в пределах борозды без сброса. Кривые $q = f(t)$ рассчитаны на ЭВМ и построены на графиках. Графики получились - во-первых, плавные, а во-вторых, различные по характеру изменения расхода. В перспективе такие графики будут служить программами для устройств автоматического полива.

Вода в бороздах до конца поля доходит, как правило, не одновременно, по одной борозде раньше, а по другой - значительно позднее. Концевой поперечной выводной бороздой (ок-арьком) концы борозд объединяются, что заставляет, ранее пришедшую в конец, воду растекаться в сторону и даже на небольшие расстояния (в зависимости от уклонов) вверх по соседним сухим бороздам.

Эти обстоятельства позволяют рекомендовать расходы воды в головах борозд менять скачком в один или (лучше) в два приема, сообразуясь с характером полученных кривых $q = f(t)$.

Полив переменным расходом позволяет применять в начале полива несколько повышенные, против рекомендаций табл. 7, расходы, сократить время добега, достичь на средних и больших уклонах лучшей равномерности увлажнения по длине борозды. Однако применение переменного расхода не уменьшает общую продолжительность полива, а даже в ряде случаев увеличивает.

Необходимость разработки технологии полива машинами в движении потребовала заняться уточнением теории та-

Рекомендуемые сочетания элементов техники полива
для типовых условий при переменном расходе

Таблица 9

№ п.п.	Водопроницаемость почво-грунтов	Показа- тели	Уклон вдоль полевых борозд, обычно совпадающий с * наибольшим уклоном местности				
			0,04	0,01	0,005	0,00175	0,0005
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сильноводопроницае- мые супесч и легкие суглинки, подстилае- мые галечником, при- мерно с 1 м	ℓ , м	40	105	200	250	-
		q/q_2 , л/сек	0,10/0,05	0,5/0,25	1/0,5	2,0/1,0	-
		t_1 , часы	5,5	1,3	1,7	1,1	-
		t_2 , "	2,5	1,9	1,3	0,8	-
		T , "	8	3,2	3	1,9	-
2	Пониженной водопрони- цаемости, легкие и мощные суглинки	ℓ , м	75	130	300	350	-
		q/q_2 , л/сек	0,10/0,05	0,25/0,125	1/0,5	1,5/0,75	-
		t_1 , часы	7,8	4,6	2,4	1,8	-
		t_2 , "	6,2	4,8	3,1	3,2	-
		T , "	14	9,4	5,5	5,0	-
3	Средневодопроницаемые средние суглинки	ℓ , м	100	175	350	350	400
		q/q_2 , л/сек	0,10/0,05	0,25/0,125	0,75/0,375	0,75/0,375	0,75/0,375
		t_1 , часы	6	5	3,8	4,5	7,5
		t_2 , "	17	11	7,2	7	3,5
		T , "	23	16	11	11,5	11
4	Пониженной водопрони- цаемости - тяжелые суглинки	ℓ , м	100	200	400	400	600
		q/q_2 , л/сек	0,05/0,025	0,10/0,05	0,5/0,25	0,5/0,25	0,75/0,375
		t_1 , часы	12	18	6,5	7,5	10,9
		t_2 , "	37	29	18,5	15,5	8,1
		T , "	49	47	25	23	19
5	Слабоводопроницаемые: глины и суглинки, под- стилаемые непроницае- мыми прослойками	ℓ , м	125	250	350	450	700
		q/q_2 , л/сек	0,05/0,025	0,10/0,05	0,25/0,125	0,25/0,125	0,5/0,25
		t_1 , часы	14	18,0	10	18	18
		t_2 , "	86	67	40	41	26
		T , "	100	85	50	59	44

Таблица 10

К.п.д. техники полива и типичные поливные нормы
(подача на поле) при бороздковом поливе
в различных природных условиях
при переменном расходе в голове борозды

№	Водопроницае- мость почво- грунтов		Уклон вдоль поливных борозд обычно совпадающий с наибольшим уклоном местности				
			больше 0,02	0,02 0,0075	0,0075 0,0025	0,0025 0,001	менее 0,001
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сильноводопрони- цаемые супеси и легкие суглинки, подстилаемые га- лечником, пример- но с 1 м	К.п.д. $m_{др}$	0,60 1012	0,78 642	0,82 705	0,86 720	x)
2	Повышенной водо- проницаемости - легкие мощные суглинки	К.п.д. $m_{др}$	0,80 872	0,83 807	0,86 790	0,87 760	x)
3	Средневодопрони- цаемые - средние суглинки	К.п.д. $m_{др}$	0,78 870	0,79 900	0,80 960	0,82 1030	0,83 1040
4	Пониженной водо- проницаемости - тяжелые суглинки	К.п.д. $m_{др}$	0,77 920	0,78 975	0,76 1280	0,80 1070	0,86 1120
5	Слабоводопрони- цаемые: глины и суглинки, подсти- лаемые непрони- цаемыми прослой- ками	К.п.д. $m_{др}$	0,63 1370	0,65 1236	0,65 1285	0,72 1280	0,81 1330

Примечание. В этих условиях полив с переменным расходом не повышает к.п.д. полива и не снижает. Здесь должен осуществляться полив добогом (постоян-
ной струей) 5; время t_2 по сравнению с вре-
менем t_1 , мало.

кого рода полива, разработанной ранее С.С.Ванеяном.

При поливе машинами в движении в бороздах образуется лужа той или иной длины, перемещаемая вместе с машиной. При относительно больших скоростях движения машины — u , малых расходах — Q и большой водопроницаемости почвогрунтов длина лужи — l устанавливается незначительной. При малых скоростях, больших расходах и низкой водопроницаемости почвогрунтов длина лужи может увеличиваться до нескольких сотен метров. В этом случае полив машинами в движении мало отличается от обычного полива и труднее управляем.

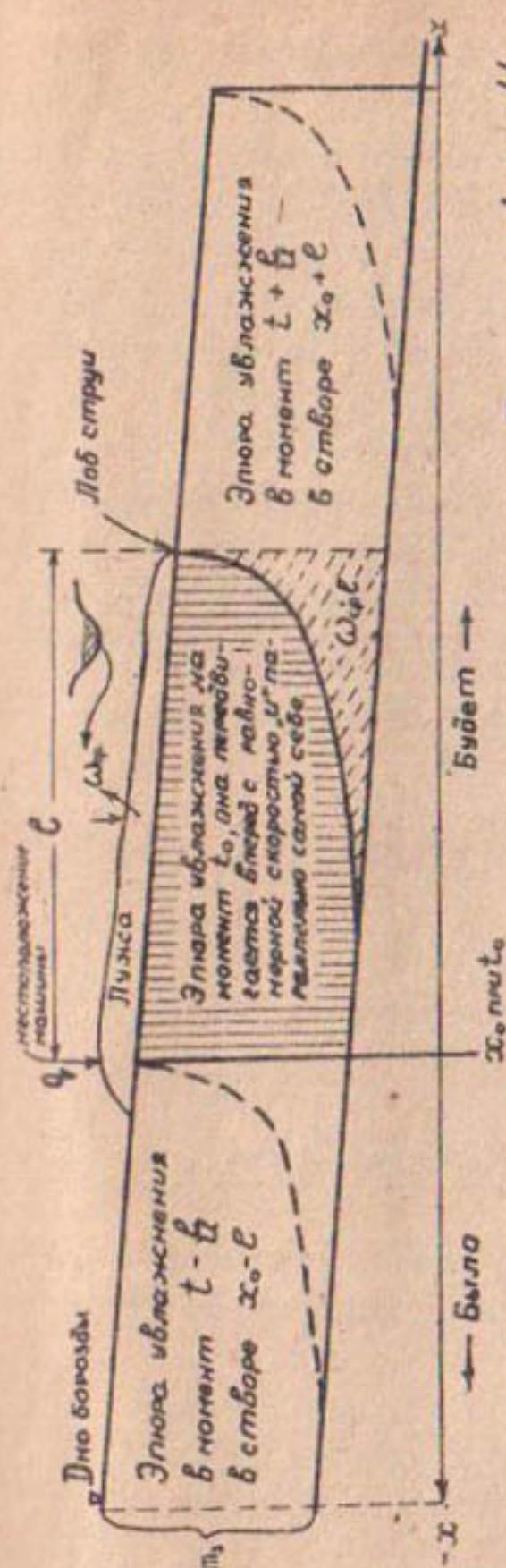
Для нахождения оптимальных сочетаний скорости движения, расхода подаваемого в борозду, задаваемой поливной нормы, длины лужи при разных водопроницаемостях должны быть установлены аналитические взаимосвязи между этими величинами, исходя из балансового уравнения. Для балансового уравнения в отличие от С.С.Ванеяна принята зависимость впитывания воды почвой по формуле (2). Тогда время, необходимое для впитывания заданной поливной нормы — $m_{заг}$, или иначе, продолжительность существования лужи над любым створом, определяется из зависимости

$$m_{заг} = K_{\text{лет}} \left(t + \frac{\delta}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \right), \quad (6)$$

которая решается по графикам или подбором. В этой зависимости по-прежнему параметры впитываемости определяются не только почвогрунтами, но в некоторой степени и расходом.

Схема работы машины и иллюстрация к балансовому уравнению изображены на рис.8. На этом чертеже машина движется вниз по уклону. В рассуждениях ничего не изменится, если она будет двигаться и вверх по уклону.

Из балансового уравнения (I), когда $x' = u = \text{const}$ для случая, если вода, подаваемая из движущей машины в борозду, не успевает впитываться на месте, а скатывается вниз по уклону, имеет место соотношение



$$dx = u dt \quad \text{где } u = \frac{x}{t} = \text{const}$$

$$qt = \omega x + a \int_0^x m_x dx$$

ИСХОДНОЕ БАЛАНСОВОЕ УРАВНЕНИЕ

$$qt = \omega x + \frac{x}{t} a \int_0^t K_{\text{учет}} \left(t + \frac{bt^{1-\alpha}}{1+\alpha} \right) dt = \omega x + \frac{x a K_{\text{учет}}}{t} \left[\frac{t^2}{2} + \frac{bt^{2-\alpha}}{2-3\alpha+\alpha^2} \right]$$

$$\text{ОТКУДА } u_{\min} \geq \frac{q}{t} = \frac{q}{\omega + a K_{\text{учет}} \left(\frac{t}{2} + \frac{bt^{1-\alpha}}{2-3\alpha+\alpha^2} \right)}$$

Рис. 8. Схема к расчету режима увлажнения при поливе машинами в движении и расчетные формулы.

$$u_{\min} = \frac{Q}{\omega + \alpha K_{\text{лет}} \left(\frac{t}{2} + \frac{b}{2-3\alpha+\alpha^2} t^{1-\alpha} \right)}, \quad (7)$$

где t — время, необходимое для впитывания заданной поливной нормы, предварительно найденное из (6), т.е. t не переменное;

ω — средняя площадь поперечного сечения лужи (наполнения борозды), зависящая от Q и уклона поля;

α — ширина междурядья.

Длина растекания (длина лужи) определяется простой зависимостью

$$l = ut. \quad (8)$$

Для случая, когда вода, подаваемая из машины, в силу большой водопроницаемости, скорости машины или малого расхода практически остается на месте

$$u = \frac{Q}{\alpha m} = \frac{Q}{\alpha K_{\text{лет}} \left(t + \frac{b}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \right)}, \quad (9)$$

а длина лужи по-прежнему определяется, согласно (8).

Расчеты по формулам 6, 7, 8 и 9 проведены на ЭВМ, а по ним построены графики альбома № 3.

Просмотр графиков альбома № 3 приводит к следующим выводам:

1. Технология использования поливных машин в движении во многом аналогична использованию дождевальных машин, работающих также в движении.

2. Поливные машины, работающие в движении, должны применяться в условиях хорошей водопроницаемости почвогрунтов и в условиях орошения, где возможны относительно малые поливные нормы.

3. На средне-водопроницаемых грунтах аридной зоны для поливных норм 800–1000 м³/га машины в движении должны работать на больших скоростях и делать очень большое число проходов.

4. Для увеличения диапазона применимости поливных машин, работающих в движении, и улучшения результатов полива ими, очень полезно предложение УкрНИИГиМа о нарезке поливных борозд с перемчками, которые создают отсеки борозды, аккумулирующие выливаемую из машины воду на месте.

Составленные расчеты по поливным машинам, работающим в движении, помогут конструкторам, создающим эти машины устанавливать нужный режим работы этих машин в поле.

Настоящую работу мы рассматриваем как обоснование технологии полива по бороздам и требования по проектированию стационарных установок, машин и оборудования для полива по бороздам. Расчеты полива напуском по полосам, проводимые нами на той же теоретической основе, еще не закончены.

РАЙОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЦЕЛЯХ ПРИМЕНЕНИЯ
НАИБОЛЕЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫХ СПОСОБОВ ПОЛИВА И ТЕХНИКИ ПОЛИВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Виды районирования орошаемых земель по применению наиболее целесообразных способов и техники полива, задачи, стоящие перед районированием того или иного вида, а следовательно, и масштабы районирования могут быть разными. Можно различить следующие виды районирования.

Республиканское районирование, выполняемое в масштабе 1:200000, преследует цель, чтобы на результатах этого вида районирования обосновывалось:

определение потребности областей и республики в различных видах поливных машин и оборудования, строительных конструкций (лотков и пр.) и строительных материалов (различных труб и пр.);

размещение и организация необходимой индустриальной базы;

распределение поливной техники, производимой сейчас и в будущем между областями;

планирование заказов на недостающую технику и поливное оборудование Госплану СССР, Союзсельхозтехнике и Главснабу СССР.

Региональное (областное) районирование, выполняемое в масштабе 1:50000, проводится при составлении схем использования водных ресурсов, технических проектов реконструкции и развития оросительных систем крупных регионов. На таком масштабе районирования может основываться распределение поливной техники между административными районами республики.

Детальное (внутрирайонное) районирование, выполняемое в масштабе 1:10000, проводится для обоснования составления одностадийных проектов переустройства внутрихозяйст-

венной оросительной сети и для обоснования составляемых генеральных планов переустройства внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети. На результатах этого районирования должно основываться распределение поливной техники между хозяйствами района.

В ближайшие десятилетия должны быть проведены огромные работы по переустройству оросительной сети и внедрению прогрессивной техники полива. Так как предлагаемая для внедрения новая техника полива непрерывно совершенствуется, а некоторые рекомендации устаревают, то районирование техники полива предстоит в будущем выполнять неоднократно, приурочивая его к составлению очередного народнохозяйственного плана на следующую пятилетку.

Республиканское районирование проводится проектными и научно-исследовательскими институтами по заданию ММИВХ, МСХ и Госплана республик.

В результате районирования техники полива, на основе анализа условий (рельефных, почвенных, мелиоративно-гидрогеологических, климатических, хозяйственных, агро-биологических и др.) существующей и перспективной орошаемой территории, на картах должны быть изображены контуры (ареалы) применения усовершенствованных старых и новых автоматизированных и механизированных приемов полива, являющихся на время составления районирования достаточно надежными и эффективными, т.е. прошедшими производственную проверку. В ведомостях, прилагаемых к карте, должны быть определены площади ареалов применения различной техники полива по районам, областям и итоговые данные по республике, области, району.

Из способов поливов районируются полив дождеванием и поверхностный полив по бороздам. Считается, что полив сельскохозяйственных культур хлопкового севооборота напуском по полосам (травы, зерновые), а также полив садов и виноградников вполне осуществим там, где возможен полив хлопчатника по бороздам.

Подпочвенное орошение как способ, непроедкий производственной проверки, рассмотрению не подлежит.

Устанавливаются следующие подлежащие районированию разновидности техники полива с присвоенными им индексами.

Таблица I

Способ и разновидности техники полива	:Присвоен- : :ный индекс : :на карте : :(фон, араб- : :ские циф- : :ры) :			Тип машин
	1	2	3	
I. Дождеванием (зеленый)				
1. Широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими в движении	1		ДДА-100М	
2. Широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими позиционно	2		ДМА-200	
3. Дальнеструйными дождевальными агрегатами	3		ДДН-70	
4. Среднеструйными дождевальными установками	4		УДС-25	
5. Новыми перспективными установками с механизированным перемещением дождевальных крыльев	5		КДУ-25 и др.	
6. Стационарными дождевальными системами с искусственным напором (проектируются в зависимости от местных условий)	6			
7. Стационарными дождевальными системами с использованием естественного напора	7			
II. Поверхностный полив (коричневый)				
I. По бороздам с напуском по полосам с применением:				
а) лотков и трубопроводов автоматического распределения воды между бороздами (полосами)	I			

Продолжение таблицы I

I	2	3
б) подземных трубопроводов, система, предложенная МГМИ	2	
в) гибких трубопроводов из закрытых водоводов	3	
г) комбинированной оросительной сети с закрытыми и гибкими трубопроводами	4	
д) гибких трубопроводов из железобетонных лотков	5	
е) гибких трубопроводов с машинами с механической подкачкой	6	ПШН-165; ППА-165+ТШН-40
ж) жестких поливных трубопроводов	7	
з) поливных машин	8	
и) открытых каналов (временных оросителей, выводных борозд) с помощью сифонов, трубочек, односторонних выводных борозд	9	
2. Полив по чекам (выращивание риса) (окраска ареала на карте синяя)	10	
3. Лиманное орошение (светло-фиолет)	11	
4. Террасное орошение (окраска красная)	12	

К факторам районирования техники полива относятся:

1. Водопроницаемость почво-грунтов
2. Средние уклоны местности и рельеф
3. Мелиоративное состояние земель
4. Скорости и повторяемость ветров
5. Агроэкономические требования

По факторам I и 2, которые можно назвать ведущими, районируются способы полива (дождевание или поверхностные поливы). По факторам 3 и 4 уточняется возможность осуществления орошения дождеванием, т.е. исключаются площади, на которых дождевание не приемлемо. По требованиям 5 устанавли-

ливается преимущество или первоочередность внедрения дождевания, уточняется тип дождевальных систем и машин, выбирается способ поверхностного полива.

Применительно к задачам районирования техники полива устанавливается пять оценок (баллов) почво-грунтов по водопроницаемости.

Сильноводопроницаемые - возможно дождевание без образования луж и поверхностного стока воды всеми дождевальными аппаратами и машинами; бороздковый полив возможен при бороздах длиной не более 100 м, поэтому крайне нежелателен.

Повышенной водопроницаемости - возможно дождевание всеми аппаратами и машинами за исключением позиционного короткоструйного дождевания интенсивностью дождя, превышающей 0,75 мм/мин; бороздковый полив возможен при бороздах длиной от 100 до 200 м, поэтому нежелателен.

Средней водопроницаемости - возможно дождевание только дальнеструйными и среднеструйными насадками с интенсивностью дождя, не превышающей 0,20-0,25 мм/мин. Возможно прерывистое дождевание машинами типа ДДА-100М в движении, при длине гона не менее 300 м. Бороздковый полив проводится по бороздам от 200 м (большие уклоны) до 300 м (малые уклоны).

Пониженной водопроницаемости - дождевание невозможно; полив по бороздам возможно вести при длине в пределах 300-400 м.

Слабоводопроницаемые - дождевание невозможно; полив по бороздам допустим при длине борозд, превышающей 400 м.

Указанным баллам водопроницаемости примерно соответствуют показатели, приведенные в таблице 2.

Поскольку полевых исследований для районирования количественных показателей водопроницаемости недостаточно, то районирование территории по водопроницаемости про-

Таблица 2

		Количественные показатели водопроницаемости				
№ бал-лов	Словесная оценка	слои воды, испытывающий-ся за первый час при из-мерении в делянках, см	по формуле $K_1 = \frac{K_1}{t\alpha}$	по формуле $K_1 = K_{дет} (1 + \frac{\delta}{t\alpha})$		
		K_1 , м/час	α	$K_{дет}$, м/час	δ	α
1	Сильноводопроницаемые	Больше 10	Больше 0,1	Меньше 0,35	Больше 0,01	Меньше 1,5
2	Повышенной водопроницаемости	10-8	0,1-0,075	0,35-0,45	0,01-0,006	1,5-2
3	Средней водопроницаемости	8-6	0,075-0,05	0,45-0,60	0,006-0,003	2-3
4	Пониженной водопроницаемости	6-4	0,050-0,03	0,60-0,70	0,003-0,002	3-4
5	Слабоводопроницаемые	Меньше 4	Менее 0,03	Больше 0,70	Меньше 0,002	Больше 4
						Больше 0,725

водится, исходя из косвенных признаков — механического состава почв и механического состава подстилающих грунтов.

Данные по механическому составу почв и подстилающих грунтов приводятся во всех почвенных картах — в описании почвенных разновидностей (в экспликациях). Связь между информацией (данными) почвенных карт и водопроницаемостью устанавливается по табл.3.

Таблица 3

Осредненная оценка мех-состава подпахотного горизонта, слой 0,3-1 м:	Осредненная оценка механического состава верхнего горизонта почвы 0,3 м				
	супеси	легкие суглинки	средние суглинки	тяжелые суглинки	глины
Баллы по водопроницаемости					
Галечник с песком	1	1	1	2	3
Супесь	1	1	2	3	4
Легкий суглинок	1	2	3	4	4
Средний суглинок	2	3	3	4	5
Тяжелый суглинок	3	4	4	5	5
Глины и различные суглинки с наличием водопроницаемых прослоек	4	4	5	5	5

Опыт показывает, что почти при всех уклонах возможно осуществлять как поверхностные поливы, так и поливы дождеванием. Однако мы должны районировать способы и технику полива для перспективных условий, т.е. оценить достоинства и недостатки отдельных способов полива в зависимости от комплекса условий, в том числе от уклонов (рельефа), наиболее целесообразных конструкций подходящей ороси-

тельной сети и других факторов. Например, поливать по бороздам, а тем более по полосам на уклонах свыше 0,01 нежелательно, на крутых склонах $i > 0,1$ необходимо террасирование.

В перспективе оросительная сеть от магистральных каналов до хозяйственных подразделений площадью в 150-300 га (полеводческие бригады-единицы водопользования) предусматривается в виде инженерных каналов с антифильтрационными покрытиями по преимуществу в виде бетонированных каналов. От этого звена оросительной системы техника полива не зависит.

Постоянные водоводы внутри единиц водопользования определяют возможность автоматизации и механизации техники полива на полях и для перспективы назначаются по табл. 4.

Таблица 4

		Уклоны местности						
Показатель	больше 0,1	0,1 0,05	0,05 0,02	0,02 0,0075	0,0075 0,0025	0,0025 0,001	меньше 0,001	
Д о д о в о д н о е	Из стационарных систем	Закрытые трубопроводы с гидрантами						
	Машинами типа ДДА-100М	Исключается	комбинированные трассы под зем. каналами должны планироваться		$i < 0,004$ земляные каналы			
	Остальными машинами и установками	Закрытые трубопроводы				железобетонные лотки	зем. каналы по преимуществу заглубл.	
	Поверхностные поливы	Закрытые трубопроводы с гидрантами				то же	то же	

Районирование видов дождевания в основном зависит от степени водопроницаемости почвы, районирование же видов поверхностных поливов больше зависит от уклонов.

Применительно к задачам районирования техники полива устанавливается следующая градация уклонов (табл.5.).

Таблица 5

Оценка местности по средним уклонам	Средние уклоны местности
Зона крутых склонов	Больше 0,1
Зона средних склонов	0,1-0,05
Зона очень больших уклонов	0,05-0,02
Зона больших уклонов	0,02-0,0075
Зона средних уклонов	0,0075-0,0025
Зона малых уклонов	0,0025-0,001
Зона очень малых уклонов и безуклонных земель	Менее 0,001

Для диапазона уклонов 0,05 и выше, т.е. для горных и предгорных регионов с целью террасирования, оценивается сложность рельефа. Эта оценка дается по степени извилистости горизонталей, основываясь на следующих признаках.

Сложный рельеф - местности, сильно расчлененные оврагами или западинами с крутыми склонами, сильно волнистый покатистый рельеф склонов относительно узких горных долин, а также сильно волнистые склоны с увалами и отдельными холмами предгорной зоны (адырный рельеф).

Рельеф средней сложности - местности, расчлененные тальвегами и водоразделами с сильно выраженным волнистым строением рельефа.

Слабоволнистый рельеф - местности слабоволнистого строения, расчлененные относительно неглубокими водоразделами со спокойными покатостями.

Как правило, земли с такими рельефами должны использоваться под сады и виноградники и орошаться дождеванием. Во избежание поверхностного стока воды, дождевание на землях с большими уклонами должно проводиться с пониженной интенсивностью дождя. Если же по условиям водопроницаемости дождевание в таких условиях невозможно, то должно осуществляться поверхностное орошение с обязательным применением противоэрозионных мероприятий (табл.6).

Таблица 6

Характеристика рельефа	Зона крутых склонов		Зона средних склонов
	больше 0,25	0,1-0,25	0,05-0,1
Сложный рельеф	Террасирование с устройством подпорных стенок	Террасирование с устройством земляных валиков и сопрягающих крутых наклонных плоскостей	Полив по бороздам с наименьшим уклоном
Рельеф средней сложности	Террасирование с устройством земляных валиков и сопрягающих крутых наклонных плоскостей	Полив по бороздам по наименьшему уклону	То же
Слабоволнистый рельеф	Полив по бороздам по наименьшему уклону	То же	То же

Из таблицы 6 видно, что для надежного пресечения эрозии почвы и повышения коэффициента земельного использования в перспективе на землях крутых склонов со сложным рельефом, предусматривается ограждение террас подпорными стенками.

Из мелиоративных показателей к районированию техники полива непосредственное отношение имеют:

степень засоленности земель;
глубина залегания грунтовых вод;
минерализация грунтовых вод.

Дождевание нельзя предусматривать на средnezасо-
щенных и сильновасоленных землях. На таких землях сразу
районируются поверхностные поливы (зона А).

На слабозасоленных землях с относительно близким
(до 2-2,5 м максимум) залеганием слабоминерализованных
(до 5 г/л максимум) грунтовых вод можно предусматривать
дождевание машинами ДДА-100М, если это дождевание возмож-
но по другим условиям (достаточная водопроницаемость поч-
во-грунтов, наличие просторных полей без древопосадений
внутри них) (зона Б).

Дождевание всеми системами и машинами, в том числе
и машиной ДДА-100М, можно предусматривать в условиях близ-
кого (1-2 м) залегания практически пресных или очень сла-
боминерализованных (до 2 г/л) грунтовых вод. Такие условия
свойственны зонам выклинивания грунтовых вод, речным пой-
мам и отчасти первым надпойменным террасам и приморским
дельтам рек. Дождевание в этих условиях будет относитель-
но дешевым, так как поливные и оросительные нормы незначи-
тельны (зона В). Границы зон А, Б и В должны быть изобра-
жены на карте для последующего перенесения этих границ на
рабочую карту районирования.

Большая повторяемость ветров в вегетационный период
со скоростями, прерывающимися 2,5-10 м/сек, затрудняет дож-
девание. Дождевательные струи отбиваются и относятся ветром.
Поле увлажняется неравномерно. Предельные скорости ветра
для различных дождевательных устройств следующие:

а) дальноструйное дождевание невозможно, если
скорость ветра превышает 2,5 м/сек;

б) короткоструйное дождевание в позиции невозможно, если скорость ветра превышает 5 м/сек;

в) короткоструйное дождевание в движении широкозахватными машинами типа ДДА-100М возможно даже при скоростях ветра от 5 до 10 м/сек, если направление ветра во времени устойчиво, а движение машин при поливе совпадает с направлением ветра, т.е. машина движется по ветру или против ветра.

Особенно неблагоприятно для районирования дождевания усиленная ветровая деятельность в мае, июне, когда зачастую от сильных ветров часть молодых растений хлопчатника погибает. Для спасения оставшейся части растений или пересевов требуется усиленное форсирование поливов, что при дождевании сложно. Следует проанализировать возможность дождевания в зонах действия местных ветров: бризов, горно-долинных ветров, фенов, суховеев и ветров местных названий — "Афганец", "Ховаст", "Курдай" и др.

Осторожно надо подходить к назначению дождевания в аридной зоне старого орошения.

В европейской части СССР орошение не является систематическим. Там можно выбирать благоприятное время для дождевания и безболезненно делать перерыв в использовании воды, когда ветровая деятельность усиливается сверх допустимых пределов. В Узбекистане же орошение систематическое. Вода в реках и каналах течет непрерывно и каждую секунду должна использоваться на поливы полей. Искусственный перерыв в использовании воды для хозяйства влечет за собой потерю воды. Чтобы по технологии полива допускать перерыв, надо строить емкости, аккумулирующие часть стока, что возможно для сравнительно мелких хозяйств и еще не изучено для крупных хозяйств хлопководческого направления.

Структура метеорологического справочника "Ветер" непосредственно не отвечает на вопросы, необходимые для районирования дождевания. Для уверенного назначения дождевания нельзя пользоваться среднегодовыми и среднемесячными данными о силе и повторяемости ветров, так как при расчетах

средних скоростей ветров в подсчет включены наблюдения, показавшие штили. Этим снижались показатели действительных средних скоростей ветра в вегетационный период (май, август), при которых должны были бы работать дождевальные агрегаты. В сентябре ветровая деятельность ослабевает, поэтому этот месяц из проработки может исключаться.

В первом приближении можно считать дождевание возможным в местностях, где повторяемости штилей и ветров со скоростями, меньшими нормированных для отдельных видов дождевания в период май-август не менее 85-90%. Проработку данных ветрового кадастра с указанных позиций желательно поручать зональным метеорологическим институтам.

Сельскохозяйственные культуры, имеющие относительно неглубокую корневую систему (например, овощи), а также и другие культуры, выращиваемые на маломощных почвах, подстилаемые галечником, требуют обычно большого числа полива малыми поливными нормами. В этих условиях стационарное дождевание — самый подходящий способ полива.

Необходимость осуществления больших поливных и орошительных норм по экономическим соображениям ограничивает возможности применения машин ДДА-100М и других передвижных (перемещаемых) дождевальных установок с механической подкачкой воды. По этой причине дождевание такими установками районировано в условиях близкого залегания грунтовых вод, т.е. в условиях, когда растения значительную часть воды получают за счет подпитывания корнеобитаемого слоя грунтовыми водами.

Для орошения садов-виноградников и культур севооборотов, в который входят высокостебельные растения (кукуруза, джугара) предусматривается районирование стационарных дождевальных систем с дальнеструйными насадками.

Полив полей хлопчатника при близком залегании грунтовых вод (не глубже 2-2,5 м) проводится машиной ДДА-100М. При более глубоком залегании грунтовых вод, до-

девание хлопчатника должно осуществляться стационарными дождевальными системами с дальнеструйными насадками. Стойки с насадками не должны мешать тракторным работам как в не-вегетационный период, так же и в вегетационный. Конструкция стояков насадок должна предусматривать возможность автоматического заглубления их в землю после очередного полива на глубину не менее 35-40 см.

Процесс районирования включает в себя сбор необходимых исходных материалов и карт, составление нескольких промежуточных специализированных карт, составление рабочей карты районирования, составление результативной карты, определение площадей контуров (ареалов) и заполнение отчетной ведомости (формы). Все карты составляются на единой топооснове - на картах, изданных ГУГК при Совете Министров СССР в масштабах, соответствующих установленным масштабам районирования.

Исходными материалами для районирования служат:

1. Карта ГУГК в масштабе соответствующего вида районирования с горизонталями.
2. Материалы перспективного развития орошаемых земель по областям (по данным Облпланов, Облсельхозуправлений и ОблУОС) и республике в целом по данным ведущих проектных институтов.
3. Областные почвенные карты масштаба соответствующего вида районирования, составленные Гипроземом и картограммы к ним.
4. Гидрогеолого-мелиоративные карты республиканских гидрогеологических трестов.

5. Материалы, освещающие специализации существующих хозяйств и перспективное направление сельскохозяйственного производства на территориях, осваиваемых в перспективе. Данные по этим вопросам берутся из материалов проектных схем.
6. Некоторые метеорологические данные, главным образом, о скоростях и повторяемости ветров, которые заказываются зональным метеорологическим институтом, берутся из климатических справочников или по материалам местных метеостанций.

В процессе районирования составляются следующие промежуточные (вспомогательные) карты:

1. С показанием территории, подлежащей районированию и специализации сельскохозяйственного производства.
2. Районирования территории по уклонам и рельефам.
3. Районирования территории по водопроницаемости почвогрунтов.
4. Мелиоративно-гидрогеологических данных для установления способов полива на мелиоративно-неблагополучных территориях.
5. Выделяющая территорию, на которой дождевание невозможно из-за сильных ветров.

Ниже даются пояснения к составлению промежуточных карт.

Карта с показанием территории районирования ставит задачу:

1. Выявить территории для последующего рассмотрения с тем, чтобы не производить лишней работы.
2. Установить площади существующего и перспективного орошения для двух периодов.
3. Осветить специализацию земель по сельскохозяйственному использованию.

На карте выделяются площади: существующего орошения; освоений 1971-1975 гг.; 1976-1980 гг.; ведущего направления полеводства; направлений садово-виноградарского, овощного и рисоводческого; площади других узкоспециализированных на-

правлений.

На площадях высокоинтенсивных направлений, как правило, должно предусматриваться преимущественное и первоочередное внедрение дождевания, почему они и должны быть выделенными на карте.

Площади рисосеяния требуют вполне определенной техники полива. Поэтому их выделение на карте уже решает вопрос районирования техники полива, присущей рисосеянию. Поскольку результаты районирования надо представлять по существующим площадям, на землях, осваиваемых в 1971-1975 гг., по землям освоения 1976-1980 гг., то площади рисосеяния, согласно условным знакам, подразделяются по этим признакам.

На этой же карте выделяется включение крупных массивов неудобных земель, территории поселков и городов, земли лесельскохозяйственного использования и наводятся границы территории, подлежащей районированию.

Условные знаки даны в приложении № I. Результат работы над этой картой копируется на восковку для переноса на последующую карту.

Карта районирования территории по уклонам и рельефам проводится непосредственно на одном из экземпляров карты ГУРК, а с ней на восковку копируется только результат работы, т.е. само районирование по уклонам. Восковка будет использована в последующей работе. На эту же карту переносятся некоторые элементы мезорельефа (поймы, обрывы, террасы), большие уступы, крупные овраги, как правило, являющиеся границами районирования уклонов.

На карту в первую очередь переносятся границы районирования, на которых по наведенным горизонталям определяются и оконтуриваются территории с уклонами согласно классификации на стр.9-II и в таблицах 5 и 6.

Оценка рельефа горных и предгорных регионов проводится визуально по степени извилистости и частоте горизонталей, основываясь на изложенных там же признаках.

Условные знаки даны в приложении № I.

Приложение № I. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ К КАРТАМ РАЙОНИРОВАНИЯ.

Содержание условных знаков		Промежуточные карты			Рабочая карта	Результативная карта
		№ 1	№ 2	№ 3		
ГРАНИЦЫ РАЙОНИРОВАНИЯ И ЭТАПЫ ОСВОЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ						
Границы существующего орошения и массивов освоения по пятилетиям.		красн	красн	красн	красн	красн
Площади существующего орошения.		белый				белый
Площади освоения 1971-75 гг.						
Площади освоения 1976-80 гг.						
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ						
Границы контуров		контур			контур	
Основное направление орошаемого полеводства.					белый	
Садово-виноградарство.		\$ \$			\$ \$	
Овощеводство.		• •			• •	
Другие узкоспециализиров. направления, требующие полива дождеванием.		x x			x x	
Рисосеяние.		символ			символ	символ
РАЙОНИРОВАНИЕ ПО ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ						
Границы контуров				черн	черн	
Оценка контуров по водопроницаемости проставляется арабскими цифрами.				1...5	1...5	
РАЙОНИРОВАНИЕ ПО УКЛОНАМ И РЕЛЬЕФАМ						
Границы контуров				черн	черн	
Уклоны более 0,1						
Уклоны от 0,1 до 0,05						
Уклоны от 0,05 до 0,02						
Уклоны от 0,02 до 0,0075						
Уклоны от 0,0075 до 0,0025						
Уклоны от 0,0025 до 0,001						
Уклоны менее 0,001						
Для уклонов свыше 0,05	Рельефы очень сложные		красн		красн	
	Рельефы сложные		розов.		розов.	
	Рельефы волнистые		желт.		желт.	
	Маломощ. почвы на склонах и галечниках не позволяющих осуществ. террасирование		розов.	розов.	розов.	розов.

Приложение № I - продолжение

Содержание условных знаков	Промежуточные карты		Рабочая карта	Результативная карта
	№ 4	№ 5		
Мелиоративные данные	Границы мелиоративных зон			
	А - средние и сильнозасоленные земли. Дождевание не предусм.		А	А
	Б - возможно дождевание машиной ДДА-100М.		Б	Б
	В - дождевание возможно любыми системами.		В	В
Ветровая деятельность	Границы контуров.		контур	
	а - дальнеструйное дождевание не районируется.		а	а
	б - короткоструйное позицион-ное дождевание не районируется.		б	б
	в - возможно дождевание ДДА-100М.		в	в
Дождевание	СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ И РАЗНОВИДНОСТИ ПОЛИВОВ			
	Широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими в движении.		1-8	1
	Широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими позиционно.		2-8	2
	Дальнеструйными дождевальными агрегатами.		3-8	3
	Среднеструйными дождевальными агрегатами.		4-8	4
	Новыми перспективными установками с механизиро-ванным перемещением дождевальных крыльев.		5-8	5
	Стационарными дождевальными системами с искус-ственным напором.		6-8	6
	Стационарными дождевальными системами с исполь-зованием естественного напора.		7-8	7
	Лотки и трубопроводы автоматического водораспре-деления.		1	1
	Подземные трубопроводы (системы МГМИ).		2	2
	Гибкие трубопроводы из закрытых водоводов.		3	3
	Комбинированная система с закрытыми и гибкими трубопроводами.		4	4
Полы по бороздам и т.п.	Гибкими трубопроводами из железобетонных лот-ков.		5	5
	Гибкими трубопроводами с подкачкой воды маши-нами.		6	6
	Жесткими поливными трубопроводами.		7	7
	Поливными машинами.		8	8
	Из открытых каналов (времен. оросители, выводные борозды) с помощью сифонов, трубочек, односторонних выводных борозд.		9	9
	Поливы по чекам (выращивание риса).		10	10
	Дыманное орошение.		11	11
	Террасное орошение.		12	12

Карта районирования территории по водопроницаемости почво-грунтов составляется непосредственно на почвенной карте соответствующего масштаба. Задача карты — районировать почво-грунты территории по баллам водопроницаемости, что позволит установить возможность применения дождевания той или иной интенсивности дождя, или исключить дождевание вообще. Кроме того, на этой карте надо выделить ареалы распространения маломощных почв с подстилаемыми галечником, песком или их смесью. На таких землях нельзя предусматривать районирование террасного способа орошения.

На почвенную карту, чтобы избежать излишней работы, с первой вспомогательной карты переносится граница районизируемой территории. Изображенные на почвенной карте различными номерами, оттенками цвета и другими условными знаками контура почвенных разностей, согласно указаний мехсостава в экспликации и связи, указанной в таблице 3, оцениваются (надписываются) баллами по водопроницаемости. Надпись баллов делается черной тушью арабскими цифрами. Почвенные разности с одинаковыми баллами водопроницаемости объединяются в контуры наведением границ контуров черной тушью. Результаты работы переносятся на отдельную восковку.

Карта мелиоративно-гидрогеологических данных. Пользуясь информацией, помещаемой на мелиоративно-гидрогеологической или на почвенной карте, необходимо выделить мелиоративные зоны А, Б, В. По территории зоны А дождевание не предусматривается, т.е. районируются только поверхностные способы полива. По территории зоны Б можно предусматривать дождевание машинной ДДА-100М, а по территории В любые виды дождевания.

В случаях отсутствия по районизируемому региону мелиоративно-гидрогеологической карты, данный раздел прорабатывается по почвенной карте. На почвенных картах приводится прямая оценка земель по степени засоленности. О глубине залегания грунтовых вод можно судить по генезису почв: гидроморфные луговые и переходные к луговым почвенные разности связаны с глубинами залегания грунтовых вод

от 1,5 до 2,5 м. Минерализация грунтовых вод имеет коррелятивную связь со степенью засоления почв. Слабозасоленным почвам, как правило, сопутствуют слабоминерализованные грунтовые воды; незасоленным почвам — практически пресные грунтовые воды.

Результат работы переносится на восковку условными знаками согласно приложению I.

Карта выделяющая территорию, на которой дождевание невозможно из-за сильных ветров составляется на основании климатических справочников, данных агрометеостанций области, имеющихся в областных управлениях сельского хозяйства, а также на основании опросных данных, или на основе коллегиального мнения специалистов сельского и водного хозяйства районируемой области. В результате анализа имеющихся материалов на карте должны быть выделены территории, на которой в вегетационный период, особенно в его первую половину, имеет место большая повторяемость ветров (больше 10-15%) со скоростями:

а) превышающими 2,5 м/сек — дальнеструйное дождевание не районируется;

б) превышающими 5 м/сек — короткоструйное позиционное дождевание не районируется;

в) находящимися в пределах 5-10 м/сек, при условии, что направление ветров устойчивое — возможно районирование дождевания только машиной ДДА-100М.

Результат работы переносится на восковку. Если восковка предыдущей карты с результатами мелиоративных данных графически не перегружена, то на нее можно нанести и данные по ветровой деятельности.

Как выше было указано, результаты работы почти по всем промежуточным картам переносятся на восковку. Это делается для того, чтобы наложением восковок друг на друга, или просвечиванием над фонарем можно было бы легче читать (смотреть) получаемые данные, а также переносить их на рабочую и результативную карты. Для правильного наложения восковок друг на друга, кроме упомянутых данных, на

восковках необходимо изображать основные ориентиры, т.е. реки, большие каналы, основные дороги, поселки и другие, применительно к ситуации, обычно изображаемой на открытых картах соответствующих масштабов.

Основное значение мелкомасштабного районирования — разработать мероприятия по развитию материальной базы для широкого внедрения прогрессивной техники полива, обеспечивающей значительный рост производительности труда. Поэтому в процессе районирования при выборе способа орошения дождеванию, как более перспективному способу, должно отдаваться предпочтение. Но в условиях Средней Азии, где наиболее распространенные сероземные почвы отличаются пониженной водопроницаемостью, дождевание широкого распространения пока получить не может. Однако, в силу этих обстоятельств, процесс районирования полезно начать с выделением площадей, где дождевание бесспорно пригодно. Оставшаяся территория районирована по усовершенствованным способам поверхностного орошения. Внутри дождевания предпочтение должно отдаваться стационарным системам.

Поскольку как по дождеванию, так и по бороздковому поливу набор возможен к применению проверенных видов поливов довольно ограниченный, то в табл. 7 дается однозначная привязка способов орошения и видов полива от двух основных факторов районирования (водопроницаемости и уклонов). По остальным факторам производится или исключение дождевания, или уточнение видов полива.

Рабочая карта районирования техники полива составляется перечерчиванием контуров границ (линий) и других необходимых условных знаков, выполненных промежуточных карт на одну восковку.

Перечень наносимых данных и условные обозначения смотрите в приложении I, согласно которому на рабочую карту наносятся почти все данные промежуточных карт, за некоторым исключением. С целью упрощения работы можно не наносить штриховки площадей освоения 1971–1975 гг., 1976–1980 гг. и условные знаки, помещаемые внутри контуров хо-

зяйств садово-виноградарского, овощного и других специализированных направлений. Но границы этих контуров наносятся, а внутри ставится буква *D*, что указывает на необходимость преимущественного районирования дождевания.

Таблица 7

Водопроницаемость почво-грунтов	Средние уклоны местности					
	больше 0,1	0,1	0,05	0,02	0,0075	0,0025 : меньше 0,001
	0,1	0,05	0,02	0,0075	0,0025	0,001

Д о ж д е в а н и е

Сильноводопроницаемые	7	7	7	6	6	6	I
Повышенной водопроницаемости	7	7	7	6	6	I	I
Средней водопроницаемости	7	7	7	6	I	I	I

Поверхностные поливы по бороздам и полосам

Сильноводопроницаемые	I2	I2/I	4	3	3	5	6
Повышенной водопроницаемости	I2	I2/I	2	4	3	5	6
Средней водопроницаемости	I2	I2/I	2	4	3	5	6
Пониженной водопроницаемости	I2	I2/I	I	4	3	5	6
Слабоводопроницаемые	I2	I2/I	I	I	I	I	6

Примечание. I. Полив по бороздам для почв средней, повышенной и сильной водопроницаемости районирован по площадям, где дождевание исключено по другим причинам.

2. Районирование применения орошения по террасам (индекс I2) уточняется по таблице 6.

3. Полив по чекам (индекс IO) устанавливается по специализации сельскохозяйственного производства, т.е. предусматривается для рисовых хозяйств.

По изображенным на рабочей карте контурам основных аргументов районирования (контур по баллам водопроницаемости и уклонам) проводится непосредственное районирование территории, памятуя о необходимости исключения дождевания по мелиоративным показателям и ветровой деятельности. Другими словами, исполнитель визуально сопоставляет сочетание изображенных на карте контуров с таблицей 7 — однозначной привязкой способов и видов поливов к определенным условиям.

Получаемые от этого сопоставления новые контуры-ареалы перспективного распространения того или иного вида полива — ограничиваются жирной чертой, а в середине полученного нового контура подписывается индекс техники полива: буквы Д — дождевание, Б — бороздковый полив (поверхностное орошение). Буквы пишутся потому, что для упрощения работы иллюминировка (раскраска) этой карты не производится.

При сопоставлении (совмещении) контуров по водопроницаемости с границами контуров по уклонам рекомендуется избегать излишней дробности карты районирования, т.е. вырисовку мелких ареалов площадью на карте менее 20-25 мм². В таких случаях рекомендуется сдвигать границы контуров по уклонам, т.е. совмещать эти границы с границами контуров по водопроницаемости почво-грунтов. Последние считать основными. Это замечание относится также к контурам мелиоративным и изображающим ветровую деятельность.

На результативной карте изображаются данные, перечисленные в приложении I, из которого видно, что на эту карту наносятся только результаты районирования, а промежуточные данные, на основании которых делалось районирование, опускаются. Результативная карта должна иллюминироваться, т.е. раскрашиваться. На карте показывается районирование техники полива на конечный срок.

После завершения результативной карты по ней должна составляться форма — "Результаты районирования сущест-

зрелищ и перспективных площадей орошения по способам и технике полива". Эта форма указана в приложении 2.

В форме первая строчка дает динамику и баланс орошаемых земель по предстоящим пятилетиям. Последующие строчки по каждой графе (столбцу) — дают распределение орошаемых площадей по районированным способам и технике полива. Графы 4+7 должны давать графу 3; 4+5 — 6; 6+7+8 — 9. Площади указываются в тысячах, сотнях или десятках га в зависимости от масштабов районирования.

Требованная точность определения площадей по контурам $\pm 3-5\%$. Площади существующего орошения берутся по данным землеустроительной службы. Площади освоения 1971-1975 гг. и 1976-1980 гг. берутся из контрольных цифр на пятилетие, проектных схем, технико-экономических докладов, материалов Облпланов, облУОС и других организаций. Площади нетто допускается также определять ориентировочно, посредством планиметрирования контуров и применения КЗИ (коэффициент использования земли). Среднее значение КЗИ по землям существующего орошения принимается по рекомендациям землеустроителей, а по землям нового освоения — по проектам аналогов или нормативным коэффициентам. На приусадебных землях внедрение новой техники орошения не предусматривается и эти земли в баланс не включаются.

Ввод новых земель с 1971 г. предусматривается осуществлять с обязательным применением новой техники орошения, поэтому в графах (столбцах) 5 и 8 формы, по строчке "обычный полив по бороздам с применением чина..." должны быть прочерки. Площади замены применяемых устаревших способов орошения по бороздам, напущем и пр., на существующих землях по пятилетиям (1971-1975 гг. и 1976-1980 гг.), т.е. графы 4 и 7 формы, разрабатываются в областных рабочих группах и обсуждаются в областных организациях.

К 1980 г. на всей площади должна быть внедрена новая техника полива. Применение трубочек-сифонов должно рассматриваться как промежуточный этап совершенствования техники полива. Применение трубочек-сифонов несколько улучшает бороздковый полив, но радикально не решает вопроса о повышении производительности труда на поливе.

Ведомость результатов районирования существующих и перспективных площадей орошения
по способам и технике полива

Приложение № 2

Индексы: видов поливов:	Наименование показателей	:Сущест- вующая : площадь : 1970г.:	:Переводится : на новую тех- :нику в 1971- : 1975 гг.:	:Ввод но- :вых пло- :щадей в : 1971-75гг.:	:Суммарная : площадь : на 1976 г.:	:Переводится : на новую : технику в : 1976-80 гг.:	:Ввод но- :вых пло- :щадей в : 1976-80гг.:	:Суммарная : площадь : в 1980 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Орошаемые площади в тыс.га в том числе:							
	I. Полив дождеванием							
I	Широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими в движении							
2	Широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими позиционно							
3	Дальнеструйными дождевальными агрегатами							
4	Среднеструйными дождевальными установками							
5	Новыми перспективными установками с механизированным перемещением дождевальных крыльев							
6	Стационарными дождевальными системами с искусственным напором							
7	Стационарными дождевальными системами с использованием естественного напора							
	И Т О Г О							
	II. Поверхностный полив							
	а) Полив по бороздам и напуском по полосам с применением:							
I	Лотков и трубопроводов автоматического распределения воды между бороздами (полосами)							
2	Подземных трубопроводов (система, предложенная МГМИ)							
3	Гибких трубопроводов из закрытых водоводов							
4	Комбинированной оросительной сети с закрытыми гибкими трубопроводами							
5	Гибких трубопроводов из железобетонных лотков							
6	Гибких трубопроводов (машинами с механической подкачкой)							
7	Жестких поливных трубопроводов							
8	Поливных машин							
9	Открытых каналов (времен. оросит., вывод. борозд) с помощью сифонов, трубочек, однобортных вывод. борозд							
10	б) Полив по чекам (выращивание риса)							
11	в) Лиманное орошение							
12	г) Террасное орошение							
10"	Обычный осуществляемый сейчас полив по бороздам с применением дерна, бумаги, полива напуском, затоплением							

- Эта строка введена специально для увязки сбаланса по вертикальным графам (столбцам)

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ
СОВХОЗА № 26 ЮГО-ЗАПАДНОГО МАССИВА ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Хлопководческий совхоз № 26 организован в 1963 г. в юго-западном массиве Голодной степи, площадь которого составляет 10512 га.

Территория совхоза расположена в зоне эфемерных степей; основная часть — слабопокатая на север пролювиальная равнина шлейфов древнего конуса выноса Акбулак-сая. По климатическим факторам относится к аридной зоне, где при высокой температуре воздуха наблюдается интенсивное испарение. Ветры — юго-западного и северо-западного направления, со средней скоростью 4 м/сек, но иногда — 20-25.

Почвы (за исключением ее южной части) представлены светлыми сероземами, средне- и тяжелосуглинистыми, глубоко-солончаковатыми разностями развитыми на тонкослоистых суглинистых и глинистых отложениях.

До орошения грунтовые воды в большей части массива залежали на глубине 10-20 м и на почвообразование влияния не оказывали. В южной части эти воды залежали на глубине 3-5 м и влияние на почвообразование оказывали. Почвы здесь — лугово-сероземные и сероземно-луговые, солончаковатые, суглинистые, реже тяжелосуглинистые. Грунтовые воды сульфатно-хлоридного засоления, сильноминерализованы, транзит их затруднен.

Вода на территории совхоза подается непосредственно по Южно-голодностепскому каналу (на площадь около 4,0 тыс.га), и по междоустьевым каналам ЮР-18 и ЮР-18-1. Вся внутрихозяйственная распределительная сеть выполнена в лотках и трубопроводах.

С первого года освоения на землях совхоза были проведены ряд ирригационно-мелиоративных мероприятий, обеспечивающие повышение плодородия почвы и получение устойчивых

урожаев сельскохозяйственных культур. Построено и сдано во временную эксплуатацию 164,5 км лотковой; 42,7 – напорно-трубопроводной; 327,6 – закрытой дренажной; 132,3 – открытой коллекторной сети и 3,5 – бетонированных каналов. В результате потери воды на фильтрацию доведены до минимума и к.п.д. системы на площади около 10000 га достиг 0,75–0,85.

В совхозе из сданных площадей нетто 10512 га в 1966 г. площадь используемой земли составляла 8740 га и в последующие годы она заметно уменьшилась. В 1969 г. площадь использованная под хлопчатник по сравнению с 1966 г. уменьшилась на 1300 га, а валовой сбор хлопка-сырца уменьшился на 3–4 тыс.т.

Ежегодно в совхозе около 2000–3000 га земли не используется, в числе которой сильнозасоленные земли составляют 1400 га.

Ниже приведены данные, характеризующие сельскохозяйственное использование земель совхоза № 26, и другие сведения по освоению за 7-летний период (табл. I).

Таблица I

Показатель	Год освоения						
	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Принятая площадь, га	8034	9224	10512	10512	10512	10512	10512
Использование земли под хлопчатник, га	4251	6800	7857	7613	7055	6707	6300
КЗИ от площади (нетто)	0,55	0,89	0,81	0,83	0,80	0,73	0,71

Из таблицы видно, что КЗИ не превышает 0,72–0,85, и в последние годы не выполняется план сдачи хлопка-сырца государству.

Основная причина указанных недочетов – несогласованность хода водохозяйственного строительства темпам освоения земель, низкий уровень эксплуатации хозяйственной оросительной системы и др.

Рассмотрим более подробно эти недостатки.

В совхозе № 26 строительство лотковой оросительной сети каналов и коллекторов открытого типа производилось в первые же годы освоения, но строительство закрытого горизонтального дренажа отставало от темпов хозяйственного освоения земель. Ход строительства оросительной и коллекторно-дренажной сети (КДС) по годам приведен в таблице 2.

Таблица 2

Показатель	Год							
	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Приемка земель, га	2017	6014	1190	1288				
Строительство лотков и трубопроводов, км	27,8	97,6	33,9	35,4	11,1	1,18		
Строительство коллекторов, км	30,7	25,0	46,5	27,7	24,4			
Строительство закрытого горизонтального дренажа, км	16,8	19,2	22,0	76,8	72,4	46,4	51,0	23,0
Удельная протяженность КДС, пог.м/га	-	10,5	14,2	24,9	31,5	36,0	41,1	43,8

Из таблицы видно, что удельная протяженность КДС до проектной величины недоведена (проектная удельная протяженность КДС - 60 пог.м/га), а темпы строительства закрытого горизонтального дренажа не отвечают мелиоративным условиям земель совхоза.

Водоподача для полива сельхозкультур превышала плановую оросительную и поливную нормы в 1,2-1,4 раза, поэтому коэффициент использования воды (КИВ) по совхозу оставался низким.

Фактический ход водопользования по годам характеризуется данными таблицы 3.

Таблица 3

Показатель	Год						
	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Водоподача, тыс. м ³	47220	91210	93450	85256	104118	89907	50625
Ороситель- ная норма, м ³ /га	10252	10480	11060	9800	10834	11503	6503
К и В	0,54	0,45	0,55	0,72	0,61	0,58	0,80

Из таблицы 3 следует, что за 7 лет коэффициент использования воды невысокий, из-за отсутствия механизации и автоматизации на поливе хлопчатника и большой нехватки высококвалифицированных поливальщиков.

Отставание темпов строительства дренажа от хозяйственного освоения и использования земель, наряду с большими переборами воды на орошение, невольно привело к интенсивному подъему уровня грунтовых вод.

До орошения на территории совхоза № 26 земли с глубиной грунтовых вод 3-5 м были на площади 450 га; 5-10 м - 2000 га; 10-20 м - 8000 га.

После 4-летнего орошения земли с глубиной грунтовых вод 1-2 м стали на площади 814 га; 2-3 м - 2100 га; 3-5 м - 4590 га; 5-10 м - 1708 га и 10-20 м - 1300 га.

После 7-летнего орошения земли с глубиной грунтовых вод 1-2 м увеличились и составляли 1645 га, 2-3 м - 3917 га, 3-5 м - 5024 га, 5-10 м - 835 га, 10-20 м - 260 га.

Связь между динамикой режима грунтовых вод с орошением наглядно показана на рисунке 1, где даны осредненные глубины по всему совхозу. Здесь, во-первых, по мере развития орошения наблюдается общий подъем грунтовых вод, во-вторых, сезонный подъем. Ежегодный подъем уровня грунтовых вод достигает 1-1,5 м и в ряде случаев они подходят на глубину 1-2 м от поверхности земли.

Наряду с интенсивным подъемом уровня грунтовых вод отмечается слабая работа дренажных устройств. Показатели работы дренажа за последние 4 года характеризуются данными таблицы 4.

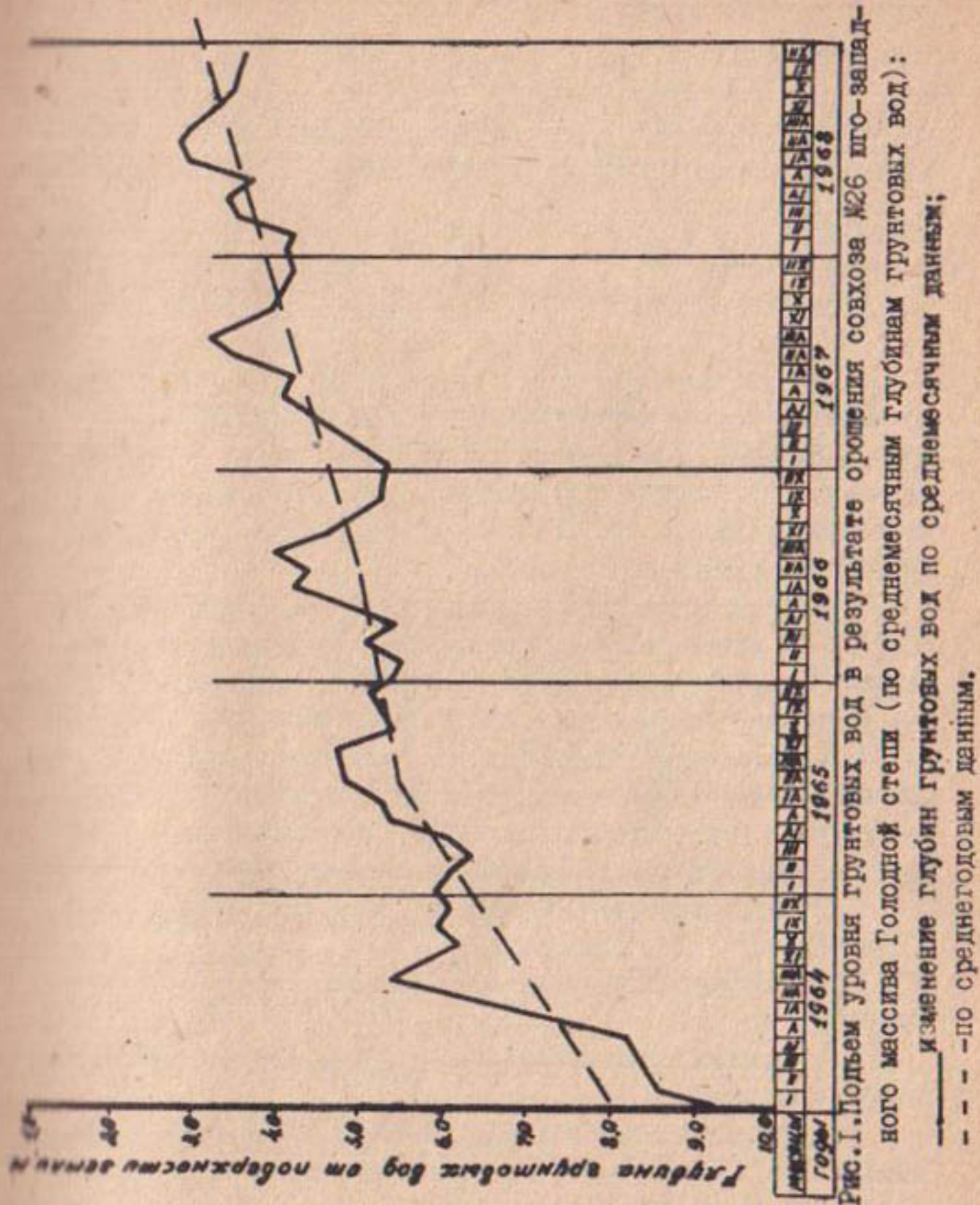


Таблица 4

Показатель	Год			
	1966	1967	1968	1969
Водоподача, тыс.м ³	85256	104118	89907	50625
Дренажный сток, тыс.м ³	9405	21120	13797	17887
% дренажного стока от водоподачи	11	20	15,3	35
Плотный остаток, т	142,5	219,7	271,1	397,4
в том числе хлор, т	30,6	46,8	56,0	95,3

Из таблицы видно, что вынос солей по плотному остатку за этот период составил 1030 т и хлора 228,85 т, при этом дренажный сток от водоподачи в среднем за 4 года не превысил 20%. Слабая эффективность дренажа наряду с недостаточной удельной протяженностью объясняется заилением трубчатых линий и др.

В результате близкого стояния уровня грунтовых вод (1-2 м) на южной части территории совхоза, начиная с 1966 г. площадь в количестве 2800 га подвергалась засолению до сильной и средней степени (рис.2). Из них около 1600 га выпало из сельскохозяйственного оборота, а на остальной части выращивается низкий урожай хлопчатника (8-9 ц/га). По степени засоления земли совхоза делятся на сильнозасоленные - 1411, средnezасоленные - 1413, слабозасоленные - 6160 га.

На ухудшение мелиоративного состояния земель наряду с отмеченными недочетами влияет:

отсутствие правильного хлопково-люцернового севооборота;

несоблюдение правильных приемов агротехники, ирригации и мелиорации;

недостаточные и некачественные проведения промывных поливов (за время существования совхоза проведена промывка на площади около 400 га);

недостаточная спланированность поверхности поливных участков и короткая длина поливных борозд.

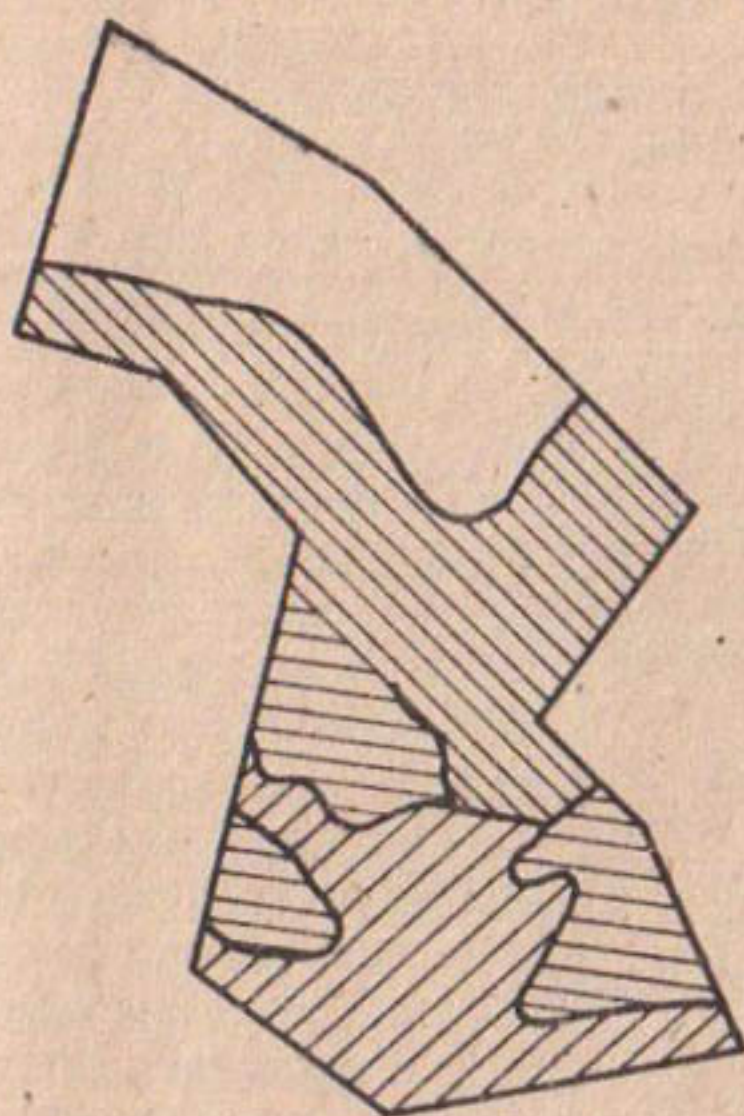


Рис.2.Карта засоленных земель совхоза № 26
(июнь 1968г.) по данным химлаборатории Управ-
ления освоения Голодностепстроя:

-  -сильнозасоленные земли;
-  -среднезасоленные земли;
-  -слабозасоленные земли;
-  -не засоленные земли.

Для улучшения мелиоративных условий на площади 2824 га земель, подверженных засолению, и для недопущения ухудшения мелиоративного состояния на остальной территории совхоза необходимо выполнить следующее:

1. Произвести тщательную повторную эксплуатационную планировку на площади 5000 га.

2. Отремонтировать, промыть, очистить всю заиленную и разрушенную протяженность коллекторно-дренажной сети.

3. Произвести на площади 2800 га (подверженных засолению) капитальную промывку с промывными нормами 25-30 тыс.м³/га за 2-3 года.

4. Ввести правильный хлопково-люцерновый севооборот на всей территории совхоза.

5. Своевременно провести весь комплекс необходимых агротехнических сельскохозяйственных работ.

6. Наладить работу службы эксплуатации мелиоративной сети, обеспечив при этом линейный штат эксплуатационников необходимыми специалистами, материальными ресурсами и транспортными средствами. Эксплуатационный персонал должен систематически контролировать изменения уровня грунтовых вод и их минерализацию, своевременно производить очистку смотровых колодцев и ремонт устьевых сооружений, не допускать размыва обратной засыпки закрытой дрены поверхностной водой, организовывать промывку заиленных труб.

7. Полив производить строго дифференцированными нормами, привлекая на поливы в достаточном количестве квалифицированных поливальщиков, не допуская при этом полива затоплением.

РОЛЬ ПЕРЕУСТРОЙСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
В ПОВЫШЕНИИ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ
КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ
(НА ПРИМЕРЕ КИТАБСКОГО РАЙОНА)

Майский (1966 г.) Пленум ЦК КПСС обратил особое внимание на "обоснование очередности проведения мероприятий по мелиорации, а также наиболее эффективного использования капиталовложений на эти цели", что имеет прямое отношение к переустройству действующих оросительных систем. От эффективной работы этих систем в значительной мере зависит водобеспеченность орошаемых земель, следовательно, и урожайность сельскохозяйственных культур, прежде всего хлопчатника — ведущей культуры Узбекистана.

Хлопководство — главная отрасль сельского хозяйства Кашкадарьинской области, дающая почти 83% денежных доходов от земледелия, или 2/3 доходов от всего сельского хозяйства.

Природные данные области благоприятствуют нормальному развитию столь теплолюбивой и ценнейшей культуры, как хлопчатник. Здесь продолжительность вегетационного периода 226—288 дней, в то время как в Каракалпакии — 186—190, в Ташкентской области и Ферганской долине — 212—218, а в Бухарской области — 220—225 дней. Важнейшая особенность климата Кашкадарьинской области заключается в том, что весна здесь короткая, а лето жаркое и продолжительное, с устойчивой сухой погодой, с безморозным периодом от 209 до 242 дней.

Для нормального произрастания хлопчатника сумма среднесуточных температур за вегетационный период должна составлять не менее 4000°C при сумме эффективных температур 1800—1900°C.

Климатические параметры Кашкадарьинской области полностью отвечают требованиям, предъявляемым для выращивания высоких урожаев хлопчатника. Однако неблагоприятно дело об-

стоит с водообеспеченностью во второй половине вегетационного периода. Это объясняется тем, что все основные источники орошения: Кашкадарья, Гузардарья, Яккабагдарья, Танхаздарья, Джинныдарья — реки снегового питания. Водные ресурсы этих рек сосредоточенно проходят в виде паводков весной. Летом, в основном, на орошение потребляются возвратные (родниковые) воды.

Главная река, подпитывающая староорошаемые земли области — р.Аксу, имеющая смешанное питание (снеговое + ледниковое). В маловодные годы до того, как были построены Чимкуртанское, Пачкамарское и Камашинское водохранилища, между группами районов, расположенных в верховье и низовье Кашкадарьи, существовало очередное водопользование.

Очередность регулировалась специальными людьми, которые охраняли гидроузлы от самовольного водопользования.

До 1954–1956 гг. водообеспеченность орошаемых земель области была на весьма низком уровне (40–50%).

Восстановление канала Эски Ангар, существовавшего более 200 лет назад, ныне подпитывающего водами р.Зарафшан низовье Кашкадарьи, начиная с 1 июня, расходами воды (в голове) от 29 до 48 м³/сек, а также завершение строительства Чимкуртанского водохранилища (1963 г.) емкостью 500 млн.м³, Пачкамарского водохранилища — 280 млн.м³ (1968 г.), повысили водообеспеченность орошаемых земель области до 65%

Благодаря большим водохозяйственным мероприятиям, главным образом по зарегулированию стока рек, переустройству оросительных каналов с последующим покрытием их русел бетонной одеждой, против потерь на фильтрацию оросительной воды, область к настоящему времени добилась значительных успехов в производстве хлопка. что видно из табл. I.

Показатель по хлопку	:1913 г.:	1928 г.:	1941 г.:	1950 г.:	1953 г.:	1954 г.:	1959 г.:	1965 г.:	План на :1970 г.
Посевные площади хлопчатника, га	2000	12618	31626	42352	42928	68461	80462	91600	98670
Урожайность хлопчатника, ц/га	7,3	6,8	15,4	16,2	24,2	17,1	18,2	21,2	23,8
Валовой сбор хлопка-сырца, т	1460	8640	48668	68668	104128	116831	146210	193922	300000
									обязательство

Как видно из табл. I, хлопководство в области развивается большими темпами. Посевная площадь под хлопчатником по сравнению с 1913 г. увеличилась почти в 46, урожайность почти в 4, а валовой сбор более чем в 200 раз.

Несмотря на ряд проведенных водохозяйственных мероприятий по поднятию водообеспеченности в области, хлопчатник все еще поливается в среднем 3,5-4,5 раза, редко 5 раз против оптимального количества поливов 6,5-7 раз.

Дальнейшее увеличение коэффициента водообеспеченности зависит от строительства новых водохранилищ - (Гиссаракское, Акбайское и Яккабагское) с ежегодным заполнением Чимкурганского водохранилища за счет переключения в него канала Эски Ангар и строительства машинного канала, подающего амударьинскую воду в Чимкурганское водохранилище при помощи ряда перекаченных насосных станций. Поскольку этому большому вопросу может быть посвящена отдельная статья, мы здесь подробно осветим вопросы переустройства оросительных систем, играющего немаловажную роль в повышении водообеспеченности орошаемых земель Кашкадарьинской области.

Опыт эксплуатации оросительных систем Кашкадарьи, в частности и канала Эски Ангар, показал, что огромное количество воды непроизводительно теряется в руслах канала Эски Ангар, Танхаздарьи, Яккабагдарьи, Аксударьи, Кашкадарьи и Джиннидарьи.

Так, например, в русле канала Эски Ангар при к.п.д., равном 0,65 теряется около 175 млн.м³. При облицовке канала и переключении его в створе Чиракчи в Чимкурганское водохранилище трасса канала сократится на 55 км и потери оросительной воды будут сокращены на 150 млн.м³, чем можно обеспечить около 30 тыс.га хлопчатника.

При переустройстве магистрального питания орошаемых земель Китабского района доказано, что за счет сокращения потерь оросительной воды на фильтрацию можно освоить тысячи гектаров новых земель без ущерба водообеспеченности староорошаемых земель. Так, например, с правого берега Аксударьи до 1964 г. каналы Сепая, Буз, Джар, Окиш, Чинар,

Миршикор, Байкуртан, Арабхана, Янги I, Янги II, забирали воду по 150 л/сек в сумме 1,5 м³/сек. Району выделялся лимит расходов воды 3 м³/сек. Остальные 1,5 м³/сек терялись на фильтрацию в русле Аксударьи. В 1964 г. построен правобережный Аксуйский канал с бетонной облицовкой протяжением II км. С тех пор вместо 1,5 м³/сек потери в канале составляют лишь 150 л/сек. Сэкономленная вода значительно подняла водообеспеченность, подпитывая дополнительно более 5 тыс. га хлопчатника и других культур, засеваемых на староорошаемых землях.

Трудно переоценить значение левобережного Кашкадарьинского канала, построенного в 1970 г., длиной II,7 км. До постройки левобережного Кашкадарьинского канала до головы магистрального канала Анхор-II из 3 м³/сек воды доходило около 1 м³/сек. Следовательно, 2 м³/сек воды терялось на фильтрацию в русле Кашкадарьи. Канал, забирая из Кашкадарьи 5 м³/сек воды, проходит через русло р. Джинныдарьи дукером и вливает в Дамарык, берущий воду из р. Аксу. Теперь потери составляют 150 л/сек.

От места слияния левобережного Кашкадарьинского канала с правобережным Аксуйским каналом Дамарык расширен до 10 м³/сек и должен пройти через Кашкадарью дукером длиной 400 м и подать воду в голову магистрального канала Анхор-II, имеющего протяженность 26 км, из которых около 7 км облицовано бетоном в 1970 г. Проект дукера через Кашкадарью готов и он будет построен к началу вегетации 1971 г. К этому сроку должна быть облицована остальная часть канала Анхор-II, протяженностью 20 км.

Вышеизложенные ирригационно-эксплуатационные мероприятия по переустройству магистрального питания орошаемых земель Китабского района (см. схему) не только побудили идеи орошения, освоения Макридского массива, но и стали установившейся методикой по борьбе с потерями оросительной воды на фильтрацию в огромных по ширине и длине руслах источников орошения — Аксударьи, Кашкадарьи, Танхаздарьи, Инкабагдарьи и Джинныдарьи, проходящих через территорию районов.

В настоящее время для обеспечения водой целинных и подпитывания орошаемых земель садово-виноградарского совхоза "Паландара" выше селения Сумак в местности Лайка ведутся подготовительные работы к строительству гидроузла на р. Джинныдарья со строительством левобережного и правобережного каналов.

Орошение и освоение Макридского массива

Макридский массив расположен на северо-западе от районного центра Китабского района. Площадь массива брутто более 10 тыс. га. Орошение, освоение этого массива предполагалось после строительства Акбайского водохранилища в верховье Кашкадарьи. Однако опыт ведения водохозяйственного строительства, практика эксплуатации ирригационных систем показали возможность орошения и освоения Макридского массива не дожидаясь зарегулирования стока Кашкадарьи строительством Акбайского водохранилища.

До 1970 г. канал Анхор-П, из которого орошается Макридский массив, обеспечивал водой 3 тыс. га разных сельскохозяйственных культур на староорошаемых землях колхозов "Шарк Илдузи", им. Ленина и им. Свердлова.

Старая трасса магистрального канала Анхор-П была проведена в XVII в. в период Китабского властителя Джуребека. В те времена из этого канала орошалась часть Макридского массива, о чем свидетельствует сохранившаяся до наших времен старая оросительная сеть на Макридском массиве.

Новая трасса канала Анхор-П проходит параллельно старой трассе, но значительно выше. Разность отметок между старой и новой трассами составляет, примерно, 3 м. Канал проходит в лессовидных суглинках, глубина залегания грунтовых вод 12-15 м. Для питьевых нужд пробурено 10 скважин до глубины 100-150 м. Подземные воды пресные с дебитом скважин 5-10 л/сек.

В 1969 г. по каналу Анхор-П, когда он был в земляном русле, проведены полевые исследования по потерям ороситель-

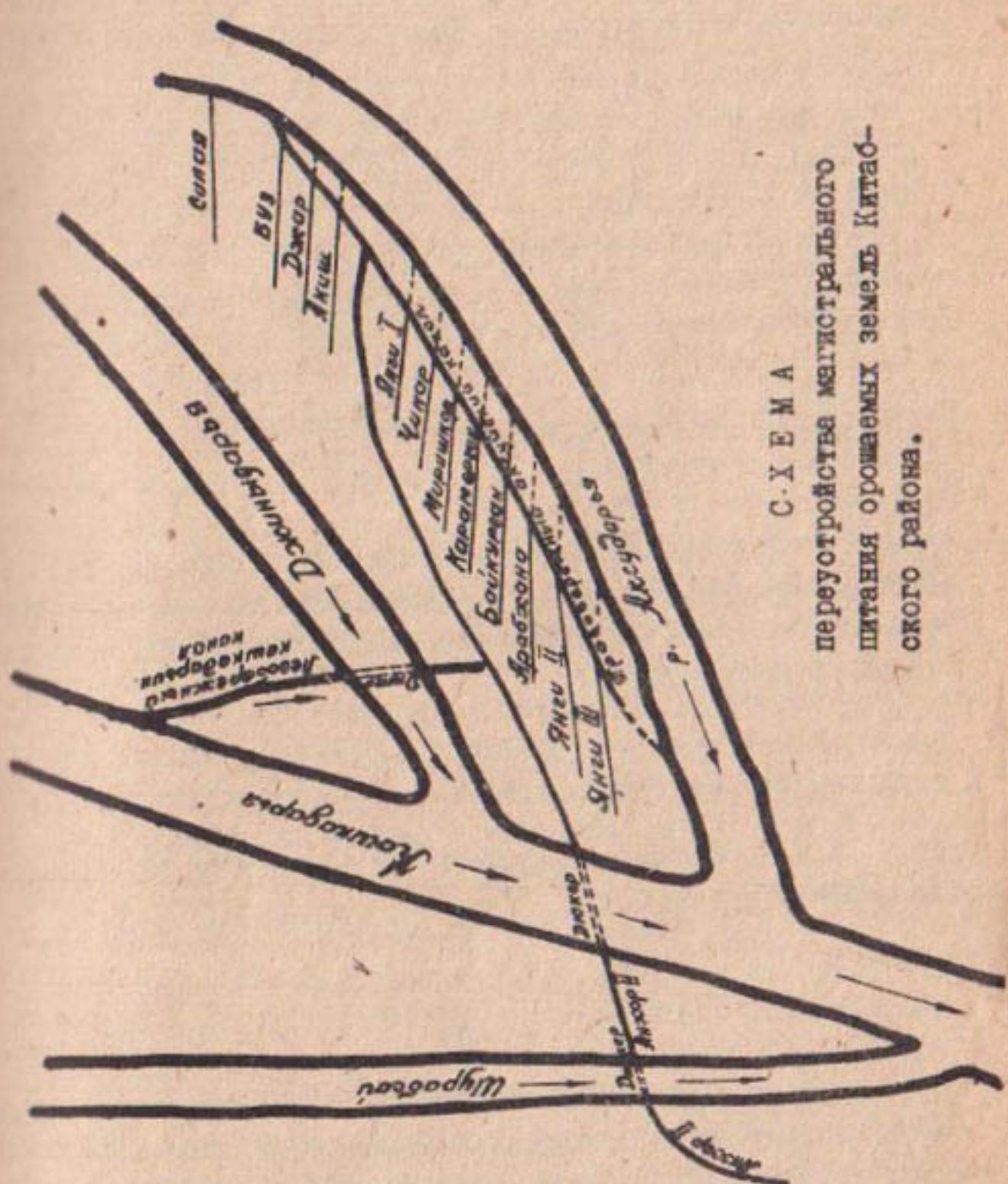


СХЕМА
 переустройства магистрального
 питания орошаемых земель Китаб-
 ского района.

ной воды и установлению к.п.д. системы канала.

Потери были определены от головы канала до полей орошения при максимальном, среднем и минимальном расходах и соответственно установлены коэффициенты полезного действия:

$$\eta_{\text{макс}}^{\text{смет}} = \frac{Q_{\text{гол}}^{\text{макс}} - \Sigma S_e}{Q_{\text{гол}}^{\text{макс}}} = \frac{4,22 - 1,11}{4,22} = 0,74;$$

$$\eta_{\text{сред}}^{\text{смет}} = \frac{Q_{\text{гол}}^{\text{сред}} - \Sigma S_e}{Q_{\text{гол}}^{\text{сред}}} = \frac{1,74 - 0,79}{1,74} = 0,55;$$

$$\eta_{\text{мин}}^{\text{смет}} = \frac{Q_{\text{гол}}^{\text{мин}} - \Sigma S_e}{Q_{\text{гол}}^{\text{мин}}} = \frac{1,24 - 0,89}{1,24} = 0,36.$$

Исследуя относительные потери в грунтах средней водопроницаемости для условий Верхней Кашкадарьи, нами установлена расчетная формула для определения потерь (σ) для заданного расхода:

$$\sigma = \frac{1,95}{Q^{0,5}} \% \text{ на } 1 \text{ км.}$$

К.п.д. канала может быть определен при известной его длине ℓ в км:

$$\eta = 1 - \frac{\sigma \ell}{100}.$$

Орошение и освоение Макридского массива силами колхозников Китабского района началось ранней весной 1970 г. За четыре месяца проделаны огромные освоительные работы: русло канала забетонировано на расстоянии 7 км; уложен бетон объемом 20 тыс. м³; построено 12 бетонных водовыпусков; сделано 16 км асфальто-гравийных дорог с мостами в количестве 6 шт.; построено 14 бригадных станков; проведена линия

электропередачи. Для подачи воды на правую сторону канала Анхор-П установлено 6 насосов общей мощностью 700 квт, строятся современные поселки.

Хлопчатник получил 4-5 поливов. Вид на урожай значительно лучше, чем на староорошаемых землях - на каждом кусте имелось до 80 полноценных коробочек. Хлопка с целинных земель Макридского массива ожидалось в среднем по 30 ц/га. В последующие годы здесь предполагается довести площадь хлопчатника до 5 тыс. га, остальные 5 тыс. га пока отводятся под поливные зерновые культуры. Как известно, пшеница на богаре дает урожай 6-7 ц/га. А на поливных плодородных землях Макридского массива зерновые колосовые могут давать урожай не менее 30 ц/га.

Общая засеянная площадь сельскохозяйственными культурами составила на Макридском массиве в 1970 г. 2250 га.

В районе в последние годы 80% хлопковых полей были поражены вилтом, так как отсутствовал севооборот из-за недостатка поливных земель.

Орошение, освоение новых земель на Макридском массиве даст возможность ввести севооборот в Китабском районе, успешно провести борьбу с вилтом хлопчатника, интенсифицировать хлопководство района и области.

Водообеспеченность Макридского массива

Дюкер через Камкадарью (см. схему) и головной участок канала Анхор-П рассчитаны на $10 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Однако пропускать такой расход воды через дюкер в ущерб водообеспеченности староорошаемых земель невозможно, пока не будет построено Акбайское водохранилище. Для обеспечения водой 5 тыс. га хлопчатника Макридского массива на полях орошения необходимо иметь примерно 25 млн. м^3 воды. При среднем к.п.д. системы в земляных каналах, равном 0,55, требуется сток воды в голове канала Анхор-П - 46 млн. м^3 .

По нашим полевым исследованиям, проведенным в 1970 г., на Макридском массиве по каналу Анхор-П установлен его к.п.д. на бетонированных участках: при расходе $3,99 \text{ м}^3/\text{сек}$, длине участка $5,1 \text{ км}$ — к.п.д. = $0,955$; при расходе $1,49 \text{ м}^3/\text{сек}$ и длине участка $1,87 \text{ км}$ — к.п.д. = $0,91$. Следовательно, при бетонированных каналах и закрытой внутрихозяйственной оросительной сети можем принять к.п.д. = $0,95$. В таком случае, вместо 46 млн. м^3 в голову Анхор-П можно подать $26,3 \text{ млн. м}^3$, или:

$$Q = \frac{26300000 \cdot 1000}{180 \cdot 86400} = 1,69 \text{ м}^3/\text{сек},$$

что примерно соответствует среднему расходу водоподачи 1969 г.

Приведенные данные доказывают необходимость построения закрытой оросительной сети, которая имеет следующие преимущества по сравнению с открытой оросительной сетью:

- 1) высокий к.п.д. = $0,95$ против $0,36-0,76$ открытой оросительной сети в земляных руслах;
- 2) высокий коэффициент земельного использования (КЗИ) = $0,90$ против $0,75$ каналов в земляных руслах;
- 3) широкое поле деятельности для движения сельскохозяйственной техники (тракторов и др. машин);
- 4) упразднение ежегодной очистки оросительной сети и ремонта каналов;
- 5) уменьшение сорной растительности, буйно растущей на берегах открытых каналов;
- 6) выгодность закрытой оросительной сети именно на Макридском массиве, имеющем достаточные уклоны для создания напора, позволяющего перейти на орошение дождеванием.

Поскольку речь идет о повышении водообеспеченности орошаемых земель, следует обратить внимание на использование местных водных ресурсов.

Китабо-Шахрисабзская котловина богата напорными подземными водами, где действуют 8 самоизливающихся скважин в райцентре Китабского района, каждая из которых при установлении насосов может давать по 50 л/сек воды.

Мы считаем, что имеется возможность пробурить 100 скважин на землях колхозов, расположенных в зоне залегания напорных подземных вод — вокруг райцентра. Однако, чтобы покрыть потребность в воде 5 тыс. га хлопчатника, возделываемого на землях Макридского массива, достаточно пробурить 50 скважин, подающих воду со скоростью 2,5 м³/сек.

Сток этого расхода за 6 месяцев вегетационного периода составит около 39 млн.м³, что полностью покроет потребность в воде Макридского массива. При переключении староорошаемых земель на орошение подземными водами освобождается поверхностная вода, веками подаваемая на староорошаемые земли, которую можно направлять на орошение земель Макридского массива. На этом массиве имеются свои местные водные ресурсы, которые также могут быть использованы на орошение.

Так, например, Шуробсай, перерезывающий Макридский массив с северо-востока на юго-запад на расстоянии почти 20 км, принимает сбросные и селовые потоки, которые весной обрываются в Кашкадарью. Расчеты, приведенные по специально снятым поперечникам через Шуробсай и Макридсай, показали, что русло Шуробсая можно превратить в инженерное водохранилище емкостью около 10 млн.м³, построив ряд мелких плотин.

В период максимального водопотребления аккумулярованные селевые потоки и сбросные воды можно забирать в Анхор-П и его отводы или непосредственно из Шуробсая выводить на орошаемые поля.

На косогорной части Макридского массива расположен садово-виноградный совхоз "Кишлык" через территорию которого проходит Кишлыксай. По Кишлыксай весной проходят большие селевые потоки, сбрасываемые в Кашкадарью.

Для аккумулярования стока селевых потоков и подачи его на орошение вновь закладываемых 1900 га виноградников запроектировано селехранилище, полезной емкостью 8,5 млн.м³. Стоимость строительства 12 млн.руб. Утверждение проектного задания задерживается кажущейся дороговизной этого объекта. Но учитывая, что часть накопления селехранилища может быть подана вниз на орошение земель Макридского массива, срок окупаемости капиталовложений будет в пределах нормы.

Развитие совхоза "Кишлык" органически связано с селехранилищем. В 1970 г. совхоз приступил к закладке 100 га виноградника. Для этого в 1971 г. будут подаваться насосом 100 л/сек воды из канала Анхор-П.

Экономическая эффективность орошения и освоения Макридского массива

Научные основы переустройства оросительных систем Кашкадарьинской области, в частности Китабского района, кроются в его технико-экономической эффективности. Техническая сторона вопроса — роль переустройства оросительной сети в повышении водообеспеченности — нами доказана фактическими и теоретическими данными.

Предварительные расчеты по производству сельхозпродуктов в Китабском районе в связи с освоением 10 тыс.га новых земель Макридского массива приведены в табл.3.

Таблица 3

Культура	Производство продукции, т		Удельный вес про- дукции	Стои- мость одной тонны продук- ции, руб.	Общая стои- мость продук- ции Мак- ридского массива, руб.
	по району	в том числе за счет оро- шения и освоения Макридско- го масси- ва	Макрид- ского мас- сива, % от валовой продукции района		
Хлопок-сырец	57000	33600	59,0	284,3	9552480
Линцерна на сено	25900	18400	71,0	14,1	259440
Кукуруза на силос	51000	26000	51,0	8,3	215800
Овощи	17000	5000	29,4	52,0	260000
Картофель	1000	473	47,3	100,0	47300
Бахча	4500	2345	53,0	39,3	92158,5
Верно	10000	2874	28,7	87,0	250038
Свежие плоды	1750	1050	60,0	185,0	194250
Виноград	18000	10000	58,2	138,0	1380000

Из табл. 3 видно, что удельный вес ценнейших культур, возделываемых на Макридском массиве, велик. Удельный вес хлопка составляет 59%. Другими словами, только один Макридинский массив даст 33,6 тыс. т хлопка-сырца, что на 1,6 тыс. т больше, чем обязательство района сдать государству хлопка в 1970 г. Приведенные цифры красноречиво говорят об эффективности орошения, освоения Макридского массива.

В результате орошения, освоения массива, как показано в табл. 3, ежегодно будет давать продукцию на сумму 12224,5 тыс. руб.

Если принять по существующим нормативам при схеме севооборота 7:2:1 затрат на сельскохозяйственное строительство 1950 руб/га и сельскохозяйственное освоение - 530 руб/га, то капиталовложения на 10000 га составят:

$$K_0 = 2480 \cdot 10000 = 24800000 \text{ руб.}$$

Величина чистого дохода принимается 30% от прироста общего дохода (последняя графа табл.3). Следовательно,

$$\bar{D}_2 = 0,30 \cdot \Delta D = 0,3 \cdot 12224,5 \text{ тыс.р.} = 3667,35 \text{ тыс.руб.}$$

Для определения срока окупаемости капиталовложений T в орошение и освоение Макридского массива общую сумму капиталовложений K_0 разделим на чистый доход $\bar{D}_2$:

$$T = \frac{K_0}{\bar{D}_2} = \frac{24800000}{3667350} = 6,65 \text{ лет.}$$

Следовательно, коэффициент эффективности капиталовложений α равен:

$$\alpha = \frac{I}{T} = \frac{I}{6,65} = 0,15.$$

Общая валовая площадь, закрепленная за колхозами и совхозами Китабского района, составляет 149972 га, из них посевная площадь - 27958, орошаемая - 15214 га.

Дальнейшее развитие орошения и освоения новых земель, увеличение производства продуктов питания для населения, увеличивающегося с каждым годом, зависит от поднятия водообеспеченности в масштабе области путем строительства новых водохранилищ (Акбайское, Яккабагское, Гиссаракское и др.), а также от совершенствования эксплуатации оросительных систем - переустройства их, начиная от источников орошения, кончая полями орошения, переустраивая поливные и бригадные участки для производительного использования сельскохозяйственной техники.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНИКИ ОРОШЕНИЯ И КАПИТАЛЬНЫХ ПЛАНИРОВОК НА ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Установление изменений водно-физических и агрохимических показателей почвы в связи с различной техникой полива и после капитальных планировок будет иметь большое значение в дальнейшем развитии сельскохозяйственного производства.

В последние годы в зоне орошаемого земледелия стала широко применяться самая различная техника полива, а сведений о том, как она влияет на почвенное плодородие, в литературе почти нет.

Для осуществления искусственного орошения на сложном рельефе хозяйства вынуждены проводить капитальные планировки почвы, которые, выравнивая поля, создадут огромную пестроту почвенного покрова.

К таким хозяйствам относится и Научно-исследовательская станция по технике орошения (НИСТО), расположенная в Калининском районе Ташкентской области в 20 км от г. Ташкента, где длительное время применяется орошение дождеванием и бороздами и с 1961 по 1966 гг. проводились капитальные планировки почвы с глубиной среза и насыпи в 1,5-2 м.

Климатические условия станции, по данным ГМС "Кауначи", следующие: продолжительность безморозного периода 203 дня, среднее годовое количество осадков 268 мм, средняя годовая температура воздуха 13⁰С.

Почвы станции - орошаемые типичные сероземы, не засоленные; грунтовые воды залегают ниже 10-15 м от поверхности земли и на процессы почвообразования влияния не оказывают; материнские породы представлены мощными лессами Ташкентского эрозийного цикла.

Исследования проводились агрохимической лабораторией НИСТО с 1966 по 1970 гг., цель которых заключалась в

том, чтобы выяснить какие изменения почвы вызывают капитальные планировки и различная техника полива, как это сказывается на росте и урожайности растений и каким путем можно сократить отрицательное влияние планировок и искусственного орошения на плодородие почвы.

Наблюдения проводились на 45 га, занятых пропашными культурами с преобладанием хлопчатника. В исследуемые годы на хлопчатник давалось 5-6 вегетационных поливов с оросительной нормой 5-6 тыс. м³/га. Почвенные образцы брались один-два раза в год до начала первого и после прекращения последнего вегетационного поливов. Обследовано и проанализировано 96 почвенных разрезов глубиной в 1 м.

Пятилетние наблюдения за почвенным и растительным покровом на спланированных участках убеждают в том, что капитальные планировки до глубины 1,5-2 м создают огромную пестроту в окраске, структуре, физических и химических свойствах почвы, а также в росте, развитии и урожайности сельскохозяйственных культур.

Чтобы яснее представить какие изменения почвы произошли в результате капитальных планировок, приведем краткую характеристику типичных сероземов. Из многочисленных литературных данных известно, что для типичных сероземов наиболее характерны следующие особенности почвы: цвет - серый, механический состав - средние и тяжелые суглинки, плотность 1,1-1,7 г/см³, содержание гумуса в метровом горизонте почвы колеблется от 0,4 до 1,5%, нитратного азота - от 10 до 40 мг/кг почвы, подвижного фосфора - от 15 до 60 мг/кг почвы, величина полевой влагоемкости 15-27%, количество генетических горизонтов 3-4.

На спланированных участках осенью 1966 г. (до дифференцированного распределения удобрений) поверхностный слой почвы имел самую разнообразную окраску: светло-серую, серую, темно-серую, палевую, ореховатую и другую; по механическому составу почвы относились к легким, средним, тяжелым суглинкам и глинам. Еще большее разнообразие во всех морфологических признаках почвы было обнаружено при описании почвен-

ных разрезов. Описание 44 почвенных разрезов на насыпках, срезах и неспланированных участках показывает существенное различие в качественном и количественном составах генетических горизонтов. Например, на неспланированных участках чаще всего встречалось 3-4 горизонта с четко выделяемым пахотным, подпахотным и карбонатным генетическими горизонтами; на срезах генетические горизонты различались очень слабо, особенно в отношении наличия карбонатов. На насыпках всегда насчитывалось наибольшее количество прослоек (до 7), причем границы их были извилистыми и неполными по вертикальному срезу, а так называемые "горизонты" представляли собою механически перемешанные слои почвы, отличающиеся окраской, плотностью и структурой. Агрохимические анализы почвенных образцов, взятых на всех пестрых делянках до глубины 1 м, показывают еще большее разнообразие почв в водно-физических и агрохимических свойствах. Например, плотность почвы изменялась от 0,99 до 1,81 г/см³, полевая влагоемкость от 12,9 до 27,9%; влажность почвы — от 2,6 до 20,2%; запасы воды — от 910 до 3090 м³/га; содержание гумуса — от 0,1 до 1,8%, нитратного азота — от 0 до 233,5 мг/кг почвы, а подвижного фосфора — от 0 до 68 мг/кг почвы.

Поэтому осенью 1966 г. на спланированных полях станции отмечено резкое различие в росте и развитии растений, в окраске и величине их листьев, толщине стеблей, в изреженности посевов и в наличии плодовых элементов на кустах. Например, рост растений хлопчатника варьировал от 10 до 150 см. В первом случае растения были крайне угнетены, имели мелкие желтые или бурные листья и тонкие вялые стебли, лишенные коробочек. Во втором случае растения были нормально развитыми, а в третьей — накапливали чрезмерно большую вегетативную массу, но сильно отставали в генеративном развитии, вследствие чего их плодовые элементы в стадии цветения или завязи попадали под заморозки. Естественно, что урожаи всех культур были крайне низкими.

Такое состояние полей вызвало необходимость в течение 1967-1968 гг. составлять агрохимические картограммы (рис. 1 и 2) и давать конкретные рекомендации по дифференци-

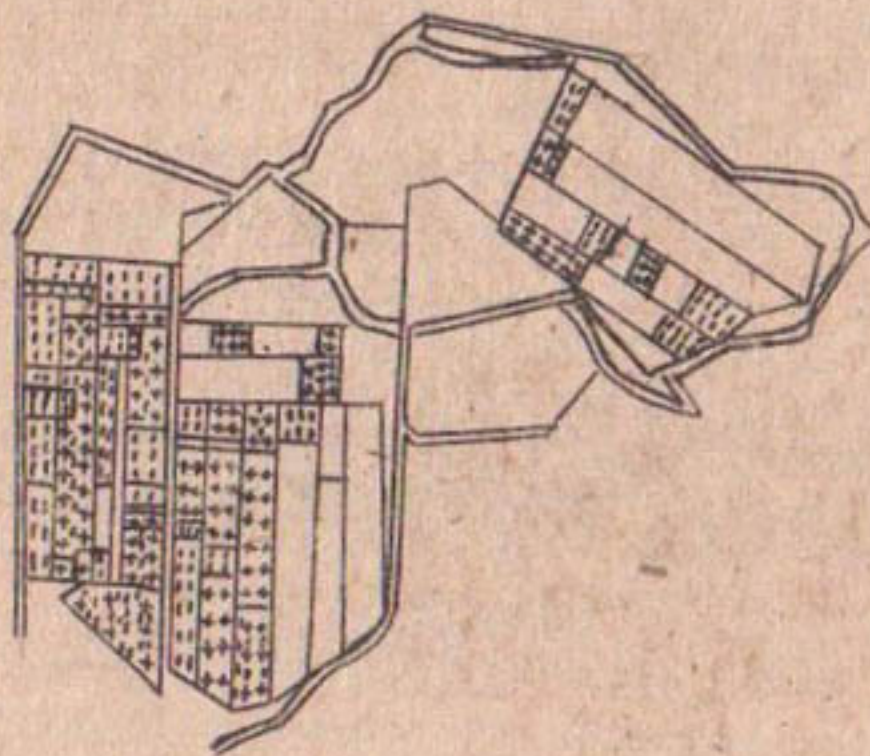


Рис. 1. Агрохимическая картограмма полей
НИСТО по содержанию нитратного азота и
гумуса в 1966 г. по дифференцированному
распределению удобрений.

— пестрота поля по азоту;
+++ пестрота поля по гумусу.

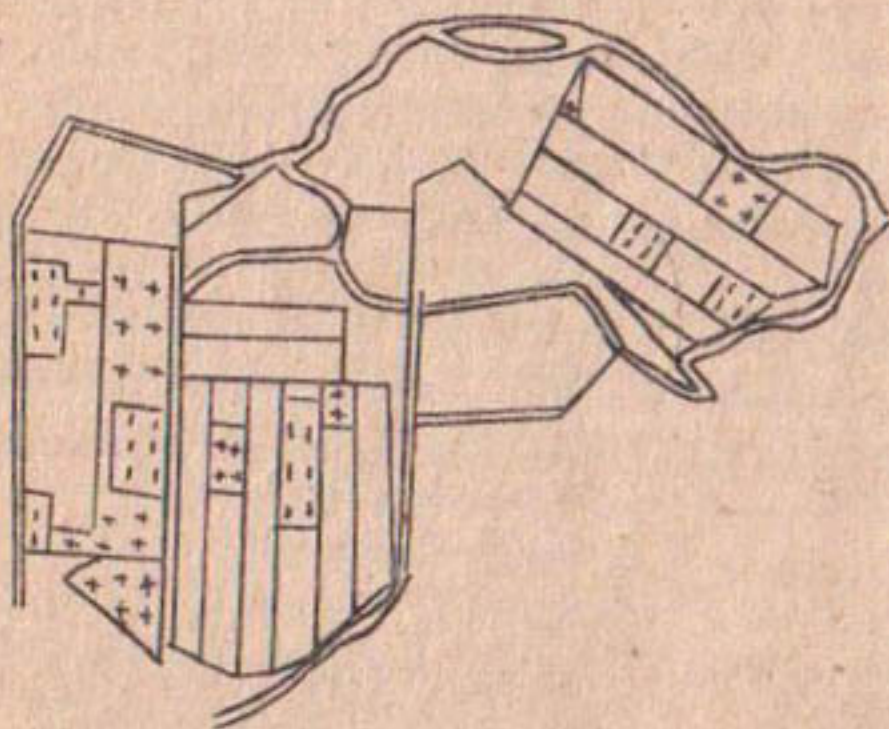


Рис. 2. Агрохимическая картограмма полей
НИСТО по содержанию нитратного азота и
гумуса в 1967 г. после дифференцирован-
ного распределения органо-минеральных
удобрений.

— пестрота по азоту; +++ пестрота по гумусу.

рованному распределению органических и минеральных удобрений, что способствовало выравниванию почвенного плодородия (к 1968 г. пестрых делянок осталось 3-5% от общей спланированной площади).

Со значительным сглаживанием почвенного плодородия произошло наглядное выравнивание в росте и развитии растений. В вегетацию 1968 г. рост растений хлопчатника варьировал от 62 до 126 см вместо 10-150 см - в 1966 г. Во второй год дифференциации почти не осталось пестрых делянок по окраске листьев и мощности развития растений, что способствовало резкому повышению урожая всех культур, чего не наблюдалось до дифференцированного распределения удобрений (табл. I).

Таблица I

Влияние планировок и дифференцированного распределения удобрений на урожай сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственная культура	: 1959 г. до плани-: ровки	: Внесение удоб-: рений равными: дозами		: Внесение удоб-: рений диффе-: ренцированно		: Без диф-: ферен-: циации		: С диф-: ферен-: циаци-: удоб-: рен.	
		: 1961-: 1962 гг. (1-е : годы : плани-: ровки)	: 1966 г. : (6-й : год : после : плани-: ровки)	: 1967 г. : 1-й : год	: 1968 г. : 2-й : год	: 1961-: 1966 гг. : (в ср. : за 6 : лет)	: 1961-: 1966 гг. : (в ср. : за 2 : года)	: 1967-: 1968 гг. : (в ср. : за 2 : года)	: 1967-: 1968 гг. : (в ср. : за 2 : года)
Хлопок	32,6	24,7	25,1	31,7	24,1	26,5	27,9		
Овощи	183,7	70,0	-	87,0	257,7	90,5	172,3		
Картофель	70,0	21,7	-	118,0	175,7	21,7	146,9		
Бахча	337,0	182,0	203,0	-	323,0	202,0	323,0		

Данные табл. I свидетельствуют о том, как резко снизился урожай всех культур после проведения капитальных планировок и как они повысились после дифференцированного распределения удобрений, особенно во второй год дифференциации.

Наряду с вышеуказанными наблюдениями нами в 1968 г. были заложены опытные делянки на срезках, насыпках и на неспланированных участках для изучения вопроса о длительности

влияния планировок на агрохимические свойства почвы, а также на рост, морфологию, физиологию и урожайность растений. Повторность опыта-трехкратная, площадь делянки - 66 м² (табл.2).

Таблица 2

Влияние планировки 1963 г. на агрохимические свойства пахотного горизонта почвы, рост и урожайность хлопчатника в 1968 г.

Показатели почвы и растений	:Без плани- : ровки	:Насыпка :0,5-1,5 м	:Срезка :0,5-1,5 м
Объемный вес почвы, г/см ³	1,32-1,56	1,37-1,61	1,25-1,48
Содержание гумуса, %	1,12	1,27	0,92
Нитратный азот, мг/кг почвы	8,0	12,3	7,2
Подвижный фосфор, мг/кг почвы	26,3	43,1	26,2
Рост растений, см	92,4	81,7	94,1
Площадь листовой поверхности I растения, см ²	5000	4700	5200
Транспирация, г/см ² в час	30,6	28,6	52,4
Фотосинтез, г/м ² в сутки	7,5	7,0	13,0
Урожай с I растения, г	50,3	45,7	53,0
Урожай, ц/га	35,2	32,0	37,1

Данные табл.2 показывают, что капитальные планировки вызывают большие и длительные изменения в физико-химических свойствах почвы. Например, на 6-й год после планировки на насыпке установлено более высокое, а на срезке - более низкое содержание гумуса, азота и, особенно, фосфора, чем на неспланированных участках.

Повышенное содержание питательных элементов на насыпной части участка должно было бы обеспечить более быстрый рост растений и увеличить их урожайность. Однако самые мощные растения, наибольшая площадь листовой поверхности, большая интенсивность фотосинтеза и более высокий урожай хлопчатника были отмечены на срезках. Объяснить это кажущееся противоречие легко, если принять во внимание две

важные особенности насыпных и неспланированных участков:

I фактор — на насыпках, в результате совмещения почвенных горизонтов, при сравнительно небольшом увеличении содержания азота и гумуса создались вдвое большие запасы фосфора, чем на неспланированных и срезанных участках. Фосфор — тот элемент питания, повышенное содержание которого способствует генеративному развитию растений, т.е. ускоряет их созревание и препятствует росту вегетативных органов (табл.2). Отсюда вывод: увеличение запасов питательных элементов в почве не всегда гарантирует повышение урожая сельскохозяйственных культур — для нормальной жизнедеятельности растений наиболее важно правильное их соотношение, которое нарушается планировками.

II фактор, отрицательно влияющий на все жизненные процессы растений, — чрезмерное уплотнение почвы. При описании почвенных разрезов было установлено, что на насыпках плужная "подшва" проходила на глубине 16 см от поверхности почвы и имела наибольший объемный вес $1,61 \text{ г/см}^3$, а затем с глубины 36 до 80 см объемный вес почвы еще больше увеличился и достигал $1,71-1,81 \text{ г/см}^3$. Такая огромная плотность почвы свидетельствует о том, что на насыпках растения свободно могли брать воздух, воду и питательные элементы лишь в верхнем 15 см слое почвы: элементы питания в нижележащих горизонтах были для них почти недоступны.

Большая плотность $1,56 \text{ г/см}^3$ на глубине 26–30 см была отмечена и на участке без планировок, что способствовало некоторому угнетению растений, по сравнению со срезанными участками, где верхний 50 см слой почвы был сложен рыхлыми лесовидными суглинками. Заметное уплотнение почвы до $1,51-1,57 \text{ г/см}^3$ на срезках наблюдалось лишь на глубине 50–80 см.

Следовательно, капитальные планировки ухудшают физические свойства почвы и создают диспропорцию в размещении питательных элементов по ее профилю, что оказывает длительное отрицательное влияние на рост, развитие, физиологию и урожайность растений.

Длительность отрицательного влияния капитальных планировок может быть сокращена лишь дифференцированным распределением органо-минеральных удобрений, в результате чего сглаживается пестрота почвенного плодородия, растения выравниваются в росте и развитии, а урожай резко повышается.

Проделанные нами агрохимические анализы показали, что почвы, орошаемые по бороздам и дождевальной установкой ДДА-100М значительно отличаются по плотности влажности, запасам воды и величине полевой влагоемкости, а также по содержанию необходимых для жизни растений питательных элементов.

При орошении дождеванием объемный вес почвы в среднем до глубины 120 см был выше во всех горизонтах, чем при поливе по бороздам. Средняя величина получена из анализа образцов, взятых с различных делянок (рис.3).

Для того, чтобы ответить на вопрос, почему на участках дождевания отмечена большая плотность почвы, чем при поливе по бороздам, и не является ли это естественной особенностью земель, на которых расположены участки дождевания, т.е. возможно более плотной здесь была сама целина, нами в 1969 г. были заложены почвенные разрезы на целине, прилежащей к участкам дождевания и бороздкового полива. Результаты этих определений показали, что целина, расположенная рядом с участком дождевания в основной массе горизонтов, до метровой глубины, обладает меньшей плотностью почвы, чем целина, расположенная рядом с участком бороздкового полива (табл.3).

Определив плотность почвы на участках без планировки, орошаемых дождеванием и бороздами, выяснили, что длительное орошение способом дождевания вызвало в 3,5 раза большее уплотнение почвы, чем полив по бороздам, по сравнению с их целиной, что также видно из таблицы 3 (расчеты уплотнения почвы проводились в суммарном выражении плотности по 10 см горизонтам почвы до глубины 1 м.).

Таблица 3

Влияние различной техники орошения на объемный вес почвы

Горизонт, см	Дождевание		Борозды	
	: целина	: без плани- : ровки	: целина	: без плани- : ровки
0-10 ^x	1,37	1,37	1,46	1,37
10-20	1,37	1,64	1,32	1,48
20-30	1,30	1,53	1,35	1,45
30-40	1,39	1,58	1,34	1,54
40-50	1,33	1,59	1,32	1,55
50-60	1,31	1,56	1,36	1,45
60-70	1,29	1,61	1,46	1,38
70-80	1,33	1,50	1,47	1,46
80-90	1,32	1,50	1,33	1,42
90-100	1,40	1,48	1,57	1,43
0-30	1,35	1,51	1,38	1,44
30-100	1,34	1,55	1,41	1,46
0-100	1,35	1,53	1,40	1,45

Вследствие высокой плотности почвы на участках дождевания образуется поверхностная корка на всей площади, в том числе и в рядке (чего нет при поливе по бороздам); в пахотном слое содержится много мелкой пыли и крупных глыб, пашная подошва расположена ближе к поверхности почвы, чем на участках, орошаемых по бороздам.

Очевидно, в связи с более высоким объемным весом почвы при орошении дождеванием отмечена и повышенная полевая влагоемкость, по сравнению с величиной этого показателя на участках бороздкового полива (рис. 4).

^x Уплотнение в среднем на 10-сантиметровый горизонт до глубины одного метра при дождевании — $1,53 - 1,35 = 0,18$ г/см³, а при бороздковом поливе — $1,45 - 1,40 = 0,05$ г/см³.

Если от техники орошения изменялись такие физические показатели почвы, как плотность и полевая влагоемкость, то, естественно, еще в большей зависимости от нее находились содержание и распределение влаги. Казалось бы, что более высокая полевая влагоемкость на участках дождевания должна была обеспечить накопление здесь больших запасов воды. Тем не менее, в большинстве исследуемых горизонтов были отмечены наименьшие запасы воды и самая низкая влажность почвы. Влажность в среднем по участкам дождевания варьировала в пределах 8,7 - 11,2%, а при поливе по бороздам - 13,6 - 17,7. Запасы воды на каждый гектар площади составляли 1630 м³ на участках дождевания и 2480 м³ при поливе по бороздам на 20-й день после последнего вегетационного полива (рис.5).

При поливе дождеванием наблюдалась значительная пестрота в распределении влаги по профилю почвы и от деланки к деланке. В одних случаях влаги содержалось больше в верхних, в других - в средних, а в третьих - в нижележащих горизонтах почвы, что следует объяснять не величиной полевой влагоемкости, а качеством полива.

При поливе по бороздам во всех исследуемых нами точках влага распределялась примерно в одинаковой закономерности: больше ее было в верхних горизонтах почвы, затем процент влаги постепенно снижался до глубины 60 см и снова возрастал в нижележащих слоях.

Наряду с физическими показателями почвы в течение 5 лет изучались и химические ее свойства, на основании чего мы пришли к выводу, что как по запасам воды, так и по содержанию питательных элементов установлено заметное различие между участками, орошаемыми способом дождевания и по бороздам.

Например, участки бороздкового полива по общим запасам органического вещества, нитратного азота и подвижного фосфора значительно превосходят участки, орошаемые способом дождевания. Об этом свидетельствуют более высокие пределы варьирования в содержании перечисленных веществ при поливе по бороздам.

Объемный вес

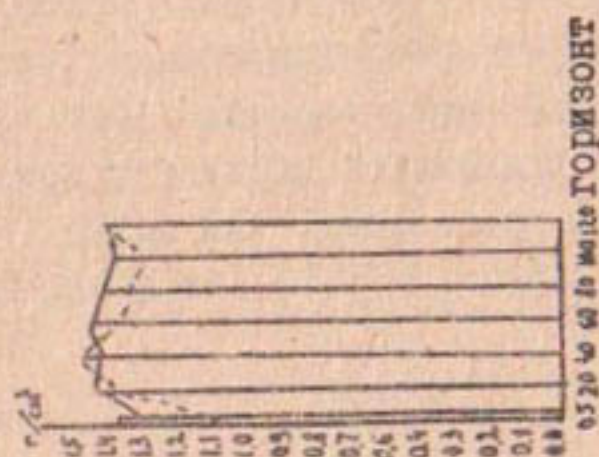


Рис.3. Влияние различной техни-
ки орошения на изменение величины
объемного веса почвы.

— дождевание;
- - - борозды.

Полевая влагоемкость

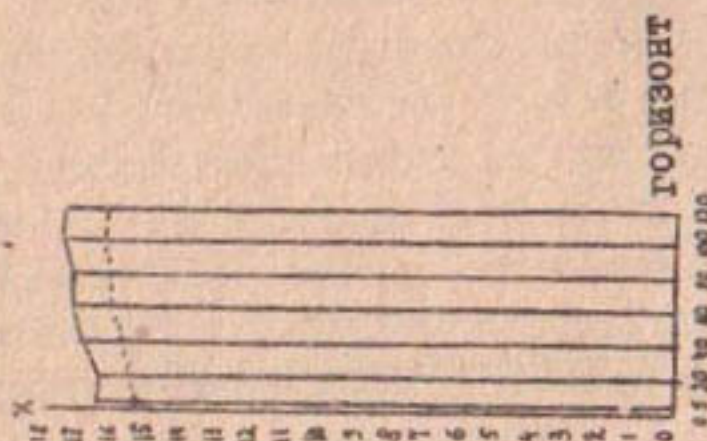


Рис.4. Полевая влаго-
емкость почвы при по-
ливе дождеванием и по
бороздам.

— дождевание;
- - - борозды.

Влажность

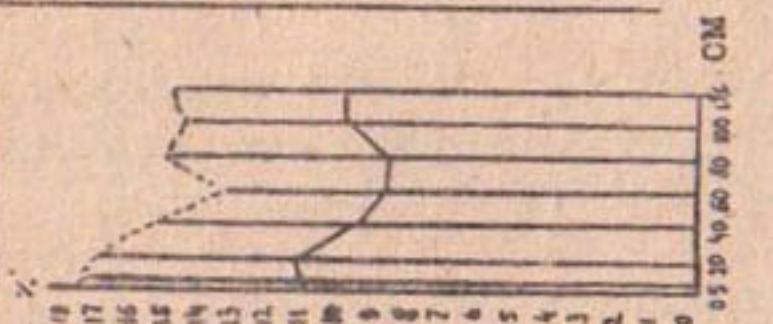


Рис.5. Влажность и запасы во-
ды в почве при поливе раз-
личной техникой.

Запасы воды



Установлено, что при самотечном орошении в 120-см слое почвы в среднем на участок органического вещества содержалось 0,8–1%, вместо 0,5–0,7% при орошении дождеванием (рис.6). Низкое – для типичных сероземов – содержание гумуса объясняется проведением капитальных планировок почвы. Содержание нитратного азота соответственно изменялось от 2,7 до 13,1 мг/кг почвы при бороздковом поливе и от 3,0 до 7,8 – при дождевании, а запасы подвижного фосфора составляли 4,4–22,7 мг/кг почвы на полях бороздкового полива и 1,3–18,8 – при поливе дождеванием (рис.7 и 8).

Различия между участками, орошаемыми дождеванием и по бороздам, наблюдались не только в содержании питательных элементов, но и в их распределении по профилю почвы.

Например, на участках дождевания большее содержание органического вещества отмечалось лишь в верхнем 20-м слое почвы с заметным его уменьшением в нижележащих горизонтах; при поливе по бороздам больше гумуса содержалось в горизонте 20–40 см при хорошей гумусированности всего 120-см слоя почвы (рис.5). Особенно большие отличия, в зависимости от техники орошения, отмечены в распределении легко растворимого и хорошо подвижного нитратного азота. Распределение нитратов по профилю почвы при самотечном орошении было прямо противоположным их распределению при орошении дождеванием: если при дождевании отмечалась некоторая тенденция к увеличению содержания нитратов в подпахотном и нижележащих горизонтах, то при поливе по бороздам основная их масса концентрировалась в пахотном горизонте, где их содержалось в 5–10 раз больше, чем при поливе дождеванием. В подпахотном и нижележащих горизонтах при бороздковом поливе нитратов было примерно столько же, как и при орошении способом дождевания (рис.7). Необходимо отметить, что на основании анализов 1969 г. нами было установлено, что целина, прилежащая к участку дождевания, более богата питательными элементами, чем целина, прилежащая к участку бороздкового полива (табл.4), за исключением содержания подвижного P_2O_5 .

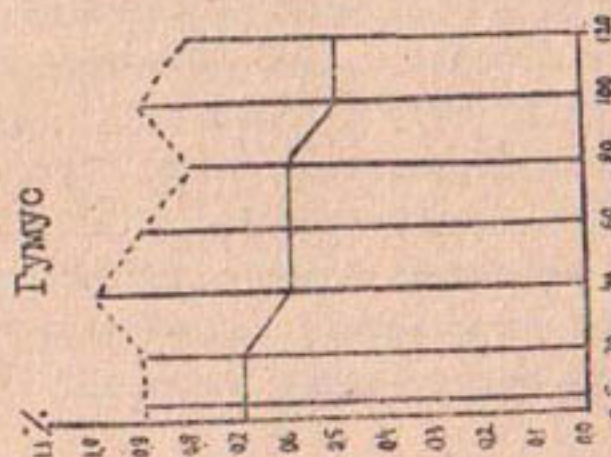


Рис. 6. Содержание гумуса на участках дождевания и бороздочного полива.

— дождевание;
--- борозды.

Нитратный азот

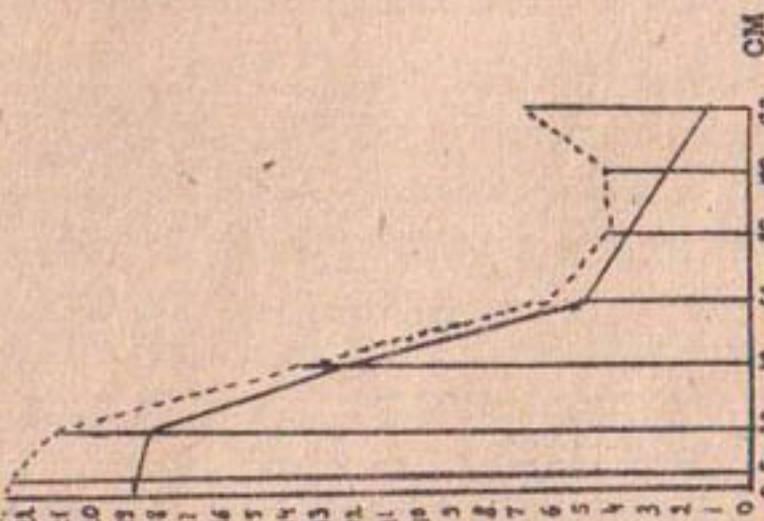


Рис. 7. Влияние техники полива на содержание и распределение по профилю почвы нитратного азота.

— дождевание;
--- борозды.

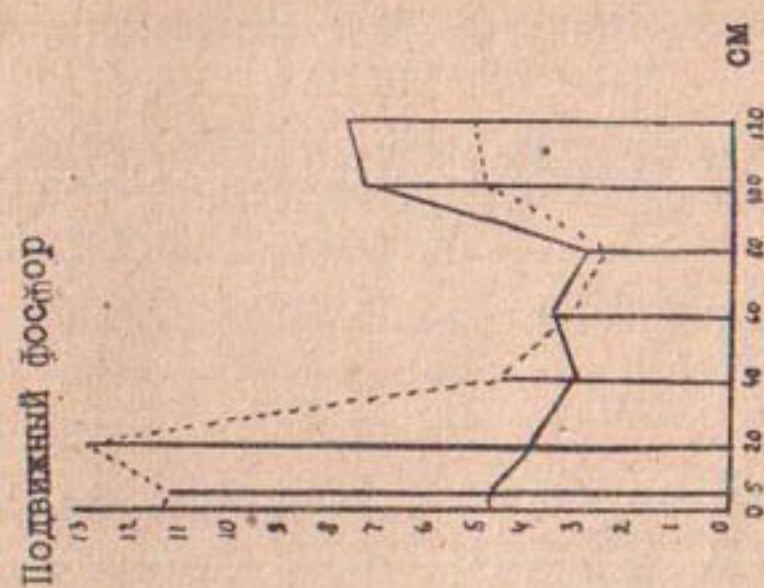


Рис. 8. Содержание подвижного фосфора при различной технике орошения.

— дождевание;
--- борозды.

Таблица 4

Содержание питательных элементов на целинных участках, прилежащих к полям дождевания и бороздкового полива

Горизонт, см	: Целина при дождевании			: Целина при бороздах		
	: гумус	: азот	: фосфор	: гумус	: азот	: фосфор
0-30	1,00	6,0	12,1	0,78	5,7	19,5
30-100	0,83	3,6	6,2	0,66	2,8	11,8
0-100	0,91	4,8	9,1	0,72	4,3	15,6

Из табл. 4 видно, почему по данным Р.А. Красноуховой (1952), относящимся к начальному периоду орошения на станции различной техникой, отмечалось более высокое содержание нитратного азота на участках дождевания, по сравнению с полями бороздкового полива.

Подвижный фосфор по профилю почвы распределялся в совершенно определенной закономерности: при всех видах орошения его было в 5-10 раз больше в верхних, чем в нижележащих горизонтах почвы. Тем не менее, в распределении фосфора по профилю почвы имелись отличия и в зависимости от техники орошения, которые заключались в том, что на участках дождевания с увеличением глубины горизонта — уменьшение в содержании усвояемого фосфора было резким и неуклонным, а при поливе по бороздам в 120 см слое почвы наблюдалась значительная его концентрация (рис. 8).

Чтобы получить еще более четкие результаты о влиянии техники полива на плодородие земли, в 1969 г. были заложены почвенные разрезы только на неспланированных участках при поливе дождеванием и бороздами. Это позволило исключить действие пестроты поля на почву (что учитывается в средних данных на поле) и усилило влияние фактора полива (табл. 5).

При сравнении данных табл. 4 и 5 видно, какое большое влияние оказывает различная техника полива на изменение почвенных показателей: если целина, прилежащая к участкам дождевания, более богата питательными элементами, чем целина при

бороздковом поливе, то поля, длительное время орошаемые бороздами, стали намного плодороднее своей целины и полей дождевания.

Таблица 5

Влияние техники полива на плодородие почвы

Горизонт, см	Дождевание			Борозды		
	гумус	азот	фосфор	гумус	азот	фосфор
0-30	0,94	9,3	53,8	0,95	48,8	105,1
30-100	0,78	4,5	14,3	0,77	3,6	6,9
0-100	0,86	7,4	34,0	0,86	26,2	55,9

На основании проделанной работы можно сказать, что капитальные планировки и различная техника полива вызывают большие изменения в водно-физических и агрохимических свойствах почвы. Поэтому хозяйства Средней Азии, увеличивающие посевные площади за счет спланированных участков и длительное время применяющие различную технику полива, должны обязательно проводить постоянный почвенно-агрохимический контроль с тем, чтобы своевременно намечать нужные агротехнические мероприятия по обработке полей и распределению органо-минеральных удобрений.

Это даст возможность восстанавливать или сохранять имеющее плодородие почв, значительно экономить расходы удобрений и повышать урожайность возделываемых культур.

О РАСЧЕТЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ОТСТОЙНИКОВ
НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НИЗОВЬЕВ РЕКИ АМУДАРЬЯ

При эксплуатации отстойников с механической очисткой для регулирования мутности часто приходится определять степень осветления потока и объемы заиления.

В процессе эксплуатации особо точного определения размеров отстойников и режима их работы не требуется, поскольку гидравлические элементы непрерывно изменяются в зависимости от условий осаждения наносов и от интенсивности очистки /2/. В этом случае заранее в отстойнике устанавливается ожидаемый объем отложений, соответственно назначается режим работы земснарядов и гидравлические элементы поддерживаются так, чтобы выходящая из отстойника мутность соответствовала транспортирующей способности защищаемых от заиления каналов.

Рекомендуемые методы А.Н.Гостунского и А.Г.Хачатряна вследствие сложности и громоздкости не позволяют применять их оперативно при расчетах режима работы отстойников в эксплуатационных условиях. Автором в составе экспедиций САНИИРИ были проведены полевые исследования по изучению режима работы отстойников на оросительных системах низовьев Амударьи (на каналах "Колхозабад", 1959-1960 гг.; р-9 ("Ханкаарна"), 1964 г.; "Пахтаарна", 1964-1965 гг.) и изучена динамика заиления на расширенных и углубленных участках спрямлений каналов им.Ленина (1967 г.) и Бозяб (1967 г.).

Для определения степени осветления потока и объемов заиления отстойников в эксплуатационных условиях на основе обобщения опытных данных и теоретических обоснований установлены расчетные зависимости режима наносов с гидравлическими элементами потока.

Анализ данных исследований показывает, что осаждение отдельных песчаных, пылеватых и глинистых фракций наносов зависит от гидравлических элементов. Закономерности осаждения каждой фракции индивидуальны.

При расчете осаждения наносы по гидравлической крупности удобно разделять на три фракции: 32-2 мм/сек - песчаные 2-0,02 мм/сек - пылеватые и $u < 0,02$ мм/сек - глинистые частицы.

Рассматривая условия выпадения из потока наносов одной фракции с гидравлической крупностью от u_n до u_{n+1} в элементарном отсеке длиной dx , глубиной h на единицу ширины получим:

$$\frac{d\rho_x}{\rho_x} = \frac{u_g dx}{v h}$$

Интегрируя и определяя постоянные члены из условий $x = 0$; $\rho_x = \rho_k$, получим:

$$\rho_k' = \rho_k e^{-\frac{v u_g x}{v h}}$$

Обозначим $K = \frac{v u_g}{v h}$, тогда $\rho_k' = \rho_k e^{-Kx}$, (I)

где $\rho_x; \rho_k'$ - содержание рассматриваемой фракции наносов до и после осветления, кг/м³;

u_g - скорость выпадения наносов, м/сек;

v - скорость потока, м/сек;

h - средняя глубина потока, м;

l - длина пути осаждения, м.

Определение скорости выпадения " u_g " наносов в турбулентном потоке - еще вопрос нерешенный и в настоящее время существует несколько различных гипотез по ее определению.

В методах расчета осаждения наносов А.Н.Гостунского и А.Г.Хачатряна [5,7] рассматривается осаждение избыточной мутности за вычетом критической ($\rho_0 - \rho_{кр} = \rho_{изб}$). Считается, что свою взвешенную способность поток полностью затрачивает на взвешивание критической мутности, а остальная часть наносов, не подвергаясь действию взвешивания, выпадает со скоростью, равной гидравлической крупности.

Разделение мутности на критическую и избыточную условно и взвешивающую энергию циркуляции турбулентного потока поглощает вся смесь наносов, находящихся в потоке во взвешен-

ном состоянии. Поэтому можно считать, что в процессе осаждения участвуют все фракции и происходит выпадение одновременно всех наносов, но с меньшей скоростью, чем их гидравлическая крупность.

Для решения уравнения (I) скорость выпадения наносов вычислена по формуле П.В.Михеева [6] с учетом, что взвесь при осаждении производит работу, равную $\rho_k \bar{u}_k - \rho_{np} \bar{u}_{np}$ и выпадает с некоторой скоростью " u_δ ", производя работу $\rho_k u_\delta$. Приравнивая эти работы, определяем скорость выпадения, считая отдельные фракции однородными ($\bar{u}_k = \bar{u}_{np}$):

$$u_\delta = \frac{\rho_k - \rho_{np}}{\rho_k} \bar{u}_k \quad \text{или} \quad u_\delta = \frac{\rho_k - \rho_{np}}{\rho_k} \bar{u}_k, \quad (2)$$

где $\bar{u}_k$ — средняя гидравлическая крупность частицы наносов в расчетном интервале, определяемая по формуле А.Н.Гостунского

$$\bar{u}_k = \frac{3u_n + u_{n+1}}{4},$$

где u_n — наименьшая; u_{n+1} — наибольшая гидравлическая крупность фракций.

Показатель степени " k " уравнения (I) в основном зависит от гидравлических элементов и транспортирующей способности потока. На основании опытных данных, при использовании уравнения (2) для определения " k " или e^{-k} составлены графики зависимости $e^{-k} = f\left(\frac{\rho_k u_k}{vH}\right)$ в отдельности для каждой фракции наносов, причем транспортирующая способность потока для фракции наносов по гидравлической крупности 2–0,02 мм/сек принята равной мутности на выходе из отстойника или на 10–15% ниже ее, когда на последних створах и на выходе наблюдалось снижение мутности. Для песчаных фракций 32–2 мм/сек транспортирующая способность принята равной нулю (рис. I, 2).

Количество наносов фракций с гидравлической крупностью 32–2 мм/сек после осветления определяется по формуле

$$P'_{32-2} = P_{32-2} e^{-k}, \quad (3)$$

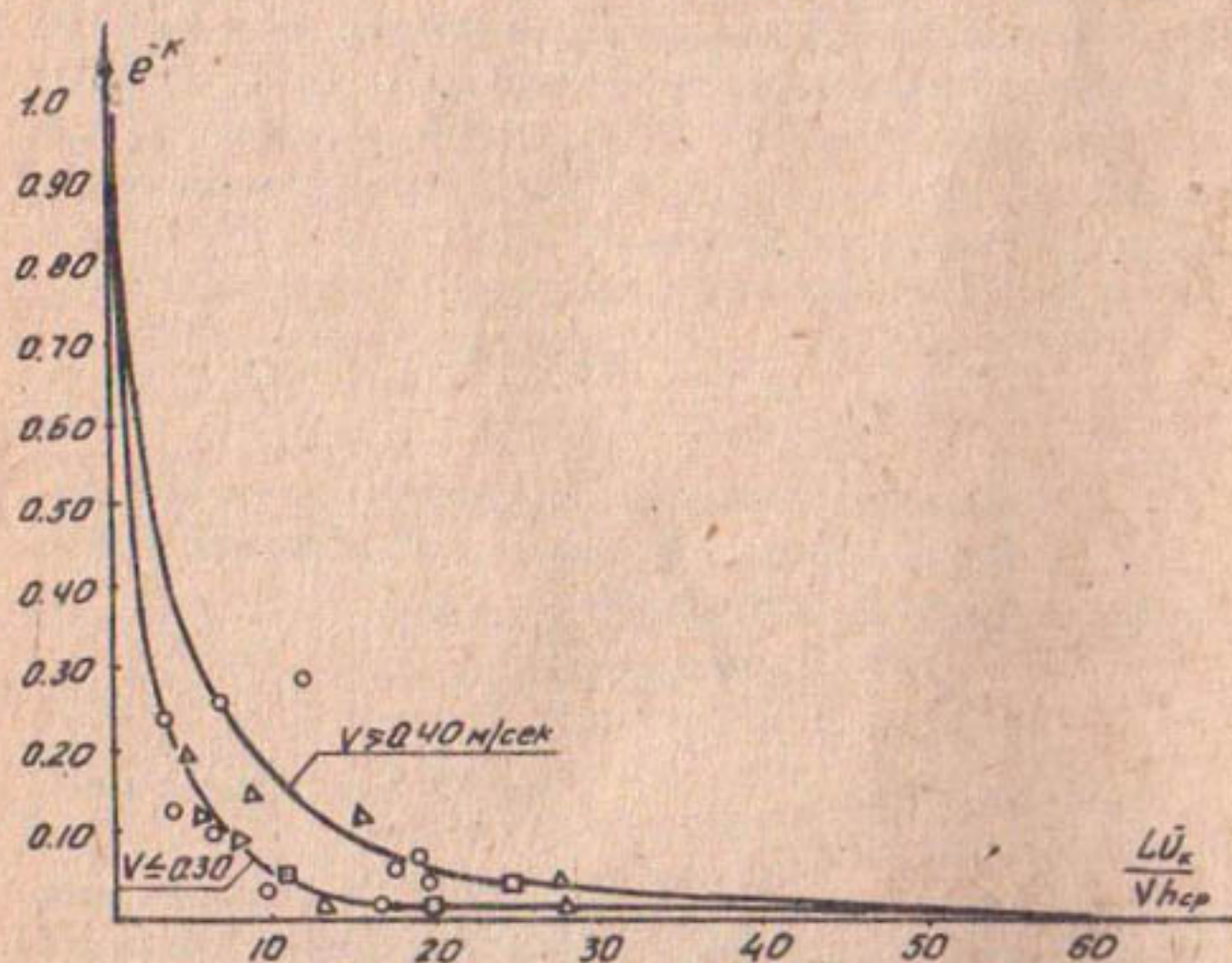


Рис. I. График зависимости $e^{\kappa} = f\left(\frac{L\bar{u}_{\kappa}}{Vh_{cp}}\right)$ (для фракции наносов 32-2 мм/сек):

○ -отстойники Пахтаарна; Δ -р-9; □ -канал им.Ленина.

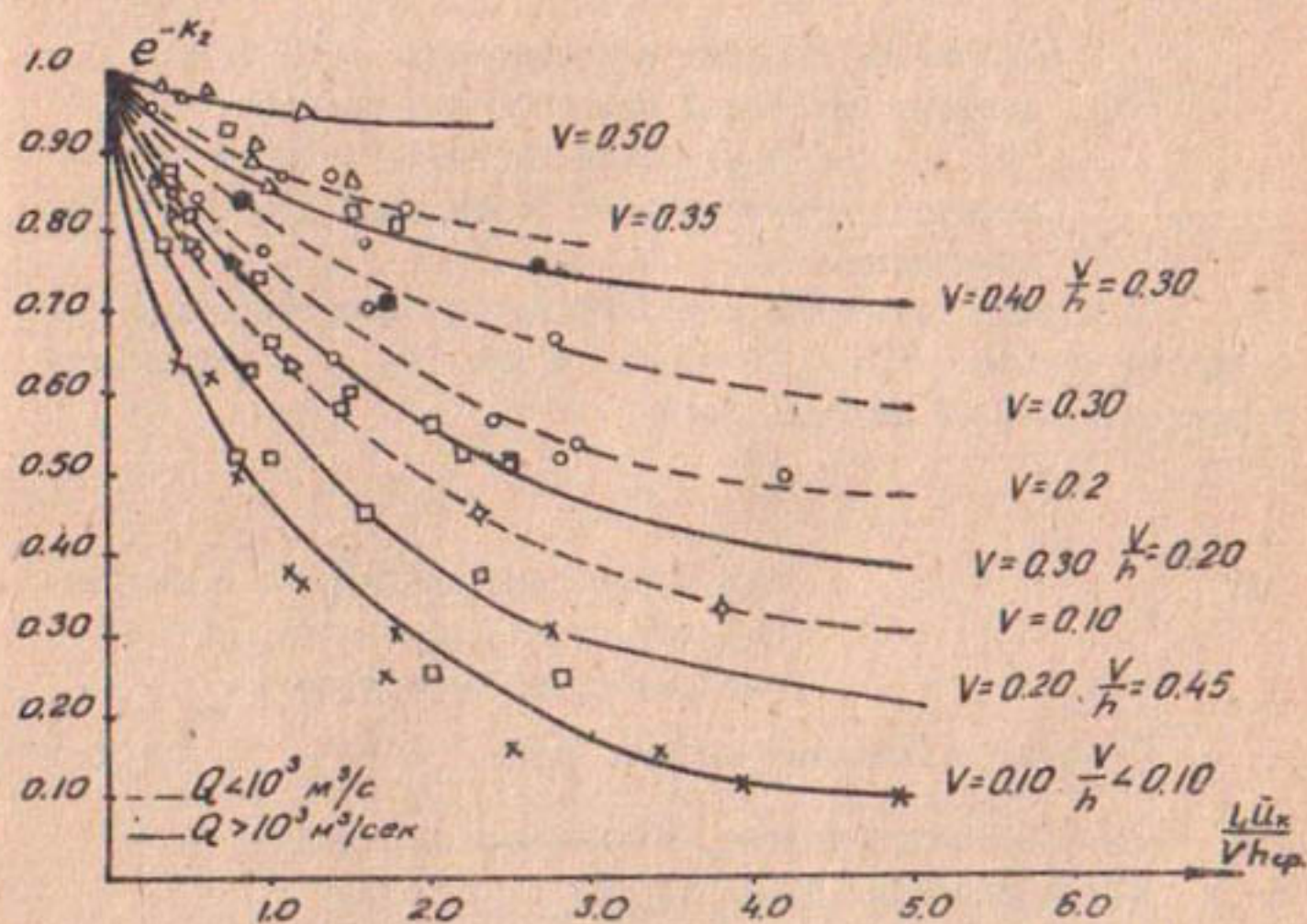


Рис. 2. График зависимости $e^{-K_2} = f\left(\frac{L_0 \bar{u}_k}{V h_{cp}}\right)$ (для фракции 2-0,2 мм/сек):

- -отстойники p-9; ● -Бозяб; ◇ -колхоз Табад;
- △ -Пахтаарна; □ -спрямление канала им. Ленина;
- × -Кульарык (ВНИИГим).

Для фракции 2-0,02 мм/сек $\rho'_{2-0,02} = \rho_{2-0,02} e^{-\kappa_2}$ (4)
 $e^{-\kappa_1}$ и $e^{-\kappa_2}$ — определяются по графикам (рис. 1, 2).

Полная мутность потока после осветления в расчетном створе участка отстойника составляет сумму:

$$\rho'_x = \rho'_{32-2} + \rho'_{2-0,02} + \rho_{<0,02} \quad (5)$$

$\rho_{<0,02}$ — содержание фракции наносов менее 0,02 мм/сек в составе начальной мутности при осаждении наносов до 60-70% от общей мутности остается неизменным и суммируется с остальными фракциями без изменения.

В случае осаждения общей мутности более 70%, или при скорости потока $v < 0,20$ м/сек, можно $\rho_{<0,02}$ объединить с фракцией 2-0,02 мм/сек. Тогда

$$\rho'_x = \rho'_{u>2} + \rho'_{u<2} \quad (6)$$

где $\rho'_{u>2}$ и $\rho'_{u<2}$ — содержание фракций наносов с гидравлической крупностью более и менее 2 мм/сек после осветления.

Степень осветления потока равна $\omega = \frac{\rho'_x}{\rho_0}$, (7)

где ρ_0 — мутность потока, входящая в отстойник, кг/м³.
 Объем заиления определяется по формуле

$$\sigma_3 = \frac{864 t Q}{\delta_n} (\rho_0 - \rho'_x), \quad (8)$$

где t — время, за которое определяется объем осаждения, сутки;

δ_n — объемный вес наносов, т/м³ ($\delta_n = 1,25$ т/м³);

Q — расход воды в отстойнике, м³/сек.

Интенсивное осаждение наносов происходит в начальной части отстойника, вследствие чего при эксплуатации глубина и скорость потока изменяются по длине отстойника. Поэтому график $e^{-\kappa} f\left(\frac{\rho u \kappa}{\sigma h}\right)$ построен для различных значений $\frac{\sigma}{h}$ или v .

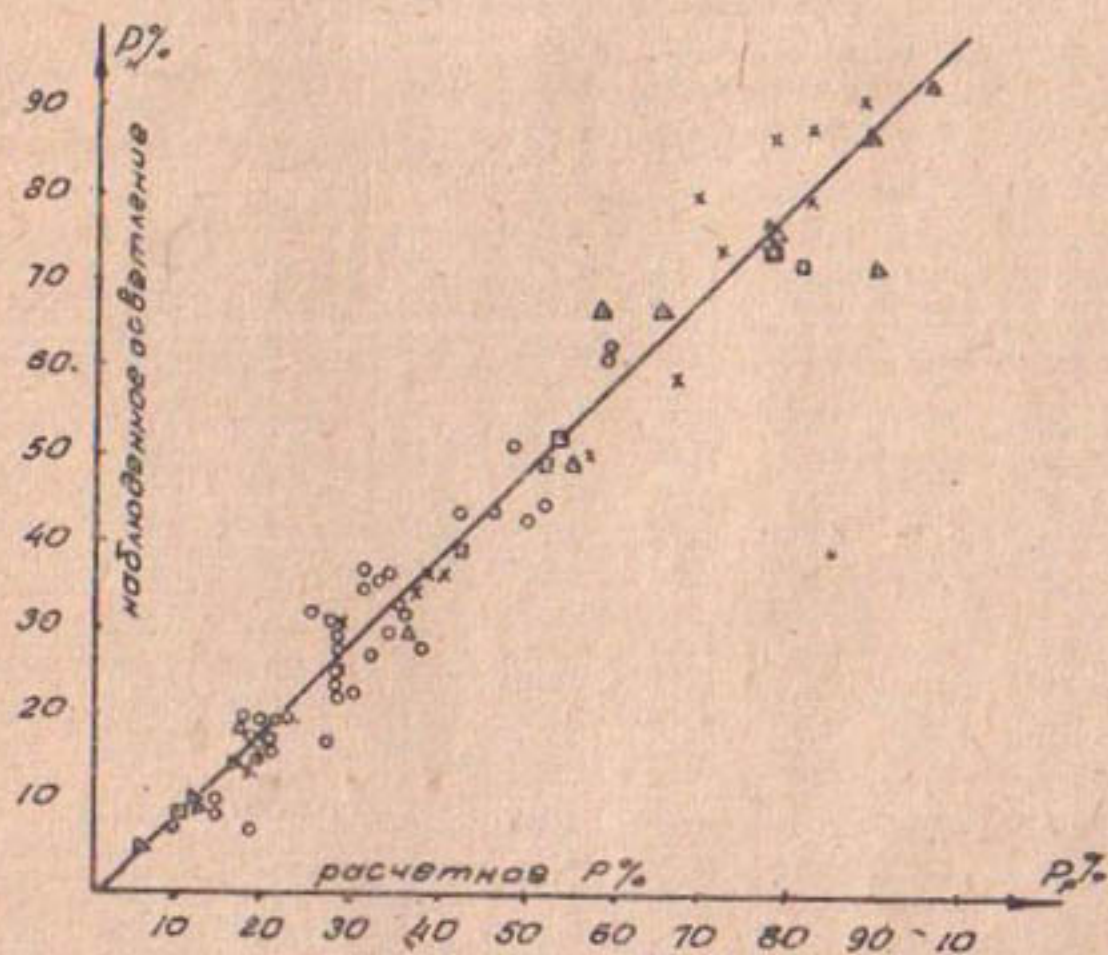


Рис.3. График сравнения осветления потока в отстойниках:
 о -отстойники $Q < 10$ м/сек; Δ -отстойник Пахтаарна;
 $\square$ -спрямление канала им.Ленина; * -отстойник Каракумского
 канала (по данным ВНИИГим).

Таблица I

Осаждение наносов в отстойниках с расходом $Q < 10 \text{ м}^3/\text{сек}$

Дата наблюдений	Пикеты	u , м/сек	h , м	Мутность по фракциям			$\frac{\rho}{\nu h_{cp}}$	ρ_H , кг/м ³	ρ_p , кг/м ³	Отклоне- ние $\frac{\rho_p - \rho_H}{\rho_H} \cdot 100$
				кг/м ³						
				32-2	2-0,02	0,02				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Отстойник р-9 (Ханкаарна) 1964 г.										
20/У	27	0,62	0,77	1,34	5,46	0,31	-	7,11	7,11	-
	29	0,53	0,80	0,48	5,19	0,23	0,47	5,90	5,87	-0,42
	31+50	0,30	1,08	0,31	4,94	0,15	1,38	5,40	5,07	-4,60
	35	0,27	1,06	0,31	3,54	0,15	2,76	4,00	4,17	+2,40
25/У	27	0,62	0,68	0,28	1,75	0,18	-	2,21	2,21	-
	31+50	0,37	0,70	0,14	1,77	0,15	1,74	2,06	1,81	-11,3
	35	0,33	0,79	0,13	1,52	0,18	3,07	1,82	1,62	-9,1
	42+50	0,30	0,90	0,10	1,32	0,16	5,50	1,58	1,38	-8,8
5/У1	27	0,63	0,86	0,40	1,77	0,20	-	2,37	2,37	-
	29	0,65	0,83	0,29	1,69	0,18	0,37	2,16	2,02	-5,9
	31+50	0,52	0,75	0,21	1,56	0,21	1,15	1,98	1,87	-4,6
	35	0,24	1,54	0,03	1,31	0,17	2,20	1,50	1,63	+5,5
	42+50	0,36	1,20	0,06	1,27	0,20	3,60	1,53	1,48	-2,1
5/УП	29	0,46	1,06	0,49	2,29	0,28	-	3,06	3,06	-
	31+50	0,38	1,19	0,25	2,25	0,27	0,56	2,77	2,62	-4,9
	35	0,36	1,09	0,07	2,24	0,19	1,54	2,50	2,46	-1,3
	42+50	0,30	1,61	0,06	1,98	0,17	2,78	2,22	2,08	-4,6
20/УП	27	0,45	1,02	0,27	2,47	0,26	-	3,0	3,0	-
	29	0,38	0,75	0,27	2,48	0,21	0,71	2,96	2,66	-10,0
	31+50	0,32	0,82	0,12	2,0	0,30	1,70	2,42	2,35	-2,3
	35	0,27	0,98	-	-	-	3,03	2,36	2,17	-6,4
	42+50	0,32	1,14	0,044	1,62	0,22	4,25	1,88	1,98	+3,3
30/УП	27	0,33	1,01	0,26	2,27	0,38	-	2,91	2,91	-
	29	0,28	0,88	0,15	1,94	0,33	0,76	2,42	2,50	+2,75
	35	0,19	0,83	0,34	1,30	0,36	3,90	2,00	1,92	-2,75
	42+50	0,21	0,90	0,06	1,18	0,40	7,50	1,64	1,61	-1,03

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15/VI	27	0,38	1,01	0,38	2,03	0,11	-	2,50	2,52	
	29	0,37	0,75	0,14	1,78	0,14	0,74	2,06	2,08	+0,80
	35	0,34	0,78	0,17	1,46	0,11	1,67	1,74	1,84	+3,90
	42+50	0,25	0,98	0,04	1,01	0,15	6,20	1,20	1,31	+4,20
20/VI	27	0,42	0,75	0,36	2,82	0,13	-	3,31	3,31	-
	29	0,36	0,62	0,24	2,29	0,15	0,90	2,68	2,81	+5,7
	31+50	0,33	0,70	0,07	1,99	0,09	1,95	2,15	2,46	+9,4
	35	0,29	0,71	0,06	1,97	0,17	3,90	2,20	2,17	-0,40
	42+50	0,25	0,84	0,03	1,70	0,15	7,40	1,88	1,65	-6,90
Отстойник Колхозабад (1959-1960 гг.)										
10/IV 1959	0	0,11	1,10	0,44	3,47	0,29	-	4,20	4,20	
	5+50	0,11	1,10	0,11	1,35	0,16	4,50	1,59	1,74	+3,4
3/VI	0	0,26	0,71	0,22	3,14	0,11	-	3,48	3,48	
	5	0,26	0,71	-	-	-	2,70	2,52	2,49	-0,9
21/VI	0	0,33	0,66	0,26	3,50	0,14	-	3,90	3,90	
	5	0,33	0,66	-	-	-	2,28	3,11	3,09	-0,50
21/IV 1960	0	0,12	1,02	0,055	0,96	0,065	-	1,08	1,08	
	5+50	0,12	1,02	-	-	-	4,50	0,60	0,52	-7,30
Отстойник Бозоб (1967 г.)										
5/VI	0	0,25	1,08	0,27	2,94	0,16	-	3,37	3,37	
	1	0,30	0,69	0,24	2,93	0,13	0,48	3,30	3,01	-8,6
	3	0,27	0,69	0,14	2,52	0,16	1,61	2,82	2,67	-4,5
	6	0,25	0,70	0,13	2,29	0,18	3,42	2,60	2,36	-7,1
	10	0,28	0,80	0,07	2,16	0,13	4,45	2,36	2,22	-4,2
27/VI	0	0,24	1,10	0,18	2,52	0,26	-	2,96	2,96	
	1	0,29	0,68	0,22	2,23	0,30	0,51	2,75	2,70	-1,7
	3	0,27	0,69	0,11	1,94	0,30	1,61	2,35	2,40	+1,7
	6	0,25	0,68	0,11	1,70	0,27	3,53	2,08	2,15	+2,4
	10	0,28	0,76	0,08	1,69	0,15	4,70	1,92	1,99	+2,4
										-4,70 ^x
										+3,20 ^x

Примечание, ρ_n - наблюдаемая мутность, кг/м³ ρ_p - мутность по расчету, кг/м³^x средняя отклонения осветления потока от наблюдаемых величин.

Таблица 2

Осаждение наносов в отстойниках с расходом
10 м³/сек

Дата наблю- дений	Пикеты	v , м/сек	h м	Мутность по фрак- циям, кг/м ³			$\frac{l}{v h_{cr}}$	Наблю- денная мут- ность, ρ_H	ρ	$\frac{\rho}{\rho_c} \frac{\rho_{100}}{\rho_c}$	По кри- вой $\frac{v}{h}; v$
				32-2	2-0,02	< 0,02					
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Отстойник Пахтаарна, 1964 г.											
17/IV	I+50	0,105	2,59	0,45	1,73	0,43	-	2,63	-	-	$\frac{v}{h}=0,10$
	10	0,106	2,65				3,0	0,72	0,73	+0,43	
	20	0,098	2,71				6,9	0,33	0,30	-1,14	
	43	0,088	2,88				15,1	0,15	0,11	-1,50	
25/IV	I+50	0,23	2,28	0,25	2,52	0,24	-	3,01	-	-	$\frac{v}{h}=0,10$
	10	0,20	2,42	0,04	0,70	0,22	1,75	0,96	1,28	+10,5	
	15	0,19	2,60	0,05	0,71	0,22	2,73	0,98	1,05	+2,30	
	43	0,20	2,56	0,06	0,70	0,05	8,20	0,81	0,30	-16,8	
17/V	I+50	0,58	2,22	0,32	3,07	0,28	-	3,67	-	-	$v=0,50$
	5	0,54	2,25	0,26	3,02	0,25	0,29	3,51	3,49	-0,55	
	10	0,55	2,32	0,26	2,93	0,16	0,67	3,35	3,32	-0,80	
	15	0,56	2,35	0,33	2,63	0,26	1,01	3,26	3,25	-0,30	
15/VII	I+50	0,51	2,30	0,21	2,66	0,13	-	3,00	-	-	$\frac{v}{h}=0,17$
	10	0,46	2,56	0,22	2,22	0,25	0,78	2,59	2,39	-6,70	
	15	0,43	2,64	0,03	2,08	0,20	1,19	2,31	2,20	-3,70	
	20	0,43	2,62	-	-	-	1,64	2,12	1,91	-7,0	
	43	0,43	2,61	0,04	1,16	0,32	3,68	1,52	1,36	-5,3	
17/VII	I+50	0,51	2,68	0,42	2,32	0,27	-	3,01	-	-	$v=0,50$
	10	0,52	2,73	0,33	2,15	0,22	0,60	2,70	2,65	-1,67	
	20	0,50	2,72	0,20	2,18	0,19	1,30	2,57	2,53	-1,33	
	24	0,53	2,58	0,09	1,94	0,43	1,65	2,45	2,49	+1,33	
25/VIII	I+50	0,54	2,34	0,50	2,27	0,28		3,05	-	-	$v=0,50$
	5	0,55	2,32	0,35	2,26	0,31	0,28	2,92	2,78	-4,6	
	10	0,53	2,43	0,34	2,16	0,35	0,66	2,85	2,70	-4,9	
	20	0,52	2,44	0,22	2,37	0,24	1,46	2,83	2,51	-10,5	

I : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10 : 11 : 12											
Суживление канала им. Ленина											
19/17	0,50	0,53	1,20	0,59	1,01	0,26	-	1,86	-	-	
5	0,42	0,94	0,18	0,91	0,32	1,10	1,41	1,34	-3,80	$\frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,40$	
10	0,28	1,35	0,09	0,56	0,27	2,50	0,92	0,89	-1,10	" 0,20	
15	0,19	1,90	0,01	0,30	0,19	3,82	0,50	0,35	-8,10	" 0,10	
18/7	2			0,49	2,20	0,14	-	2,94			
5	0,50	1,14	0,27	2,17	0,21	0,52	2,65	2,50	-5,3	$\frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,43$	
10	0,41	1,17	0,13	2,13	0,16	1,66	2,35	2,25	-2,5	" 0,38	
15	0,30	1,70	0,02	1,60	0,09	2,55	1,71	2,65	-2,1	" 0,20	
20	0,25	1,85	0,06	1,32	0,17	3,90	1,55	0,94	-21,5	" 0,15	
25	0,23	2,05	0,01	0,98	0,34	4,85	1,33	0,82	-18,0	" 0,15	
35	0,27	1,80	0,02	0,52	0,17	6,80	0,71	0,63	-3,2	" 0,15	
25/7	0,50	0,71	1,77	0,95	2,13	0,30		3,39	-	$\frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,20$	
10	0,62	1,15	0,80	2,08	0,25	1,33	3,13	2,46	-16,8	" "	
15	0,48	1,67	0,05	1,80	0,21	1,80	2,06	2,14	-2,4	" "	
25	0,40	1,83	0,06	1,28	0,26	3,35	1,60	1,61	+0,3	" "	
35	0,43	1,75	0,04	1,05	0,21	4,60	1,30	1,40	+3,0	" "	
13/7II	5	0,55	1,06	0,53	2,43	0,26	-	3,26			
10	0,52	1,02	0,27	2,43	0,26	0,94	2,98	2,73	-7,7	$\sigma = 0,50$	
20	0,45	1,15	0,27	2,42	0,22	2,95	2,91	2,42	-15,0		
25	0,43	1,24	0,14	2,37	0,21	3,75	2,72	2,35	-11,4		
35	0,44	1,40	0,07	1,86	0,22	4,90	2,15	2,25	+3,1		
									-9,3 ^x		
									+3,0 ^x		

^x Средний отклонений осветления потока от наблюдаемых величин.

Таблица 3

Осаждение наносов в отстойниках Каракумского канала
по данным ВНИИГМ

Дата	L м	σ г/сек	n	$\rho_{u,2}$	$\rho_{u,1}$	$\frac{L}{\sigma n}$	$\rho_{изм}$	ρ_p	$\frac{\rho_p - \rho_{изм}}{\rho_p}$ %	По кри- во- вой $\frac{\sigma}{n}$
Подводящий канал-отстойник (1956-1957 гг.)										
6/УП-56	0			0,689	2,423	-	3,112			
	500	0,53	1,26	-	-	0,74	2,650	2,53	-3,9	
	1000	0,39	1,94	-	-	1,32	1,971	1,92	-1,6	0,20
	1500	0,34	2,17	-	-	2,03	1,247	1,15	-3,20	0,10
	2000	0,31	2,37	-	-	2,72	0,864	0,85	+0,32	"
	2500	0,28	2,54	-	-	3,52	0,384	0,68	+9,6	"
	3000	0,27	2,58	-	-	4,28	0,331	0,55	+7,1	"
	4000	0,26	2,66	-	-	5,80	0,23	0,38	+4,5	"
27/УП	0			0,953	4,245	-	5,198			
	500	0,59	1,10			0,77	4,309	4,16	-2,9	0,30
	1000	0,48	1,53			1,37	3,683	3,81	+2,5	0,30
	2000	0,39	1,98			2,60	2,533	2,24	-5,5	0,15
	3000	0,35	2,22			3,85	0,980	1,62	+10,0	0,15
	4000	0,33	2,30			5,26	0,498	1,18	+11,0	0,15
9/УП-57	0			0,047	6,243	-	6,31	-		
	970	0,45	2,13			1,01	4,102	4,60	+7,9	0,15
	1470	0,39	2,60			1,46	3,985	3,80	-2,9	0,15
	2470	0,34	2,72			2,69	2,806	2,18	-10,0	0,10
	3170	0,33	2,73			3,56	1,607	1,75	+2,5	0,10
	5870	0,32	3,26			5,70	1,198	1,12	-1,3	0,10
									+6,2	
									-4,5	

Примечание. $\rho_{изм}$ — наблюдаемая плотность.

При расчете осаждения наносов, когда глубина и скорость потока резко изменяются по длине отстойника, e^{-K_2} определяется по графику в зависимости от $\frac{v}{h}$. В случае, когда " v " практически постоянна, то — по кривым " v ". Расчет ведется по средним скоростям и глубинам, если принять величины на вышележащих расчетных створах осредненными. Данные исследований показывают, что условия осаждения наносов в малых отстойниках с расходом $Q < 10 \text{ м}^3/\text{сек}$ отличаются от больших и осветление происходит в них по-разному при одинаковых скоростях потока. Поэтому при расчете осаждения наносов нами разделены отстойники с расходом воды $Q < 10 \text{ м}^3/\text{сек}$ и $Q > 10 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Для расчета режима работы мутность, поступающая в отстойник, определяется по данным УМС (прогнозу), а фракционный состав — по графику $R_c = f(R_0)$ (3) без фракционного анализа наносов в лаборатории. Гидравлические элементы устанавливаются промерами поперечного сечения с учетом ожидаемого расхода воды в отстойнике.

Предлагаемый метод расчета проверен данными натурных исследований режимов работы различных отстойников. Сравнение результатов расчета наблюдений дает удовлетворительные результаты. Отклонения расчетных и наблюдаемых величин осветления потока, показанные на рис.3 и в табл.1,2,3, составляют в среднем $\pm 5\%$.

Предлагаемый метод расчета с достаточной степенью точности можно применять для расчета режима работы отстойников в эксплуатационных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абалъянц С.Х. Движение взвеси в открытых потоках, Труды САНИИРИ, вып.96, Ташкент, 1958.
2. Бекимбетов Н. Результаты исследований внутрисистемных отстойников низовьев реки Амударья, Изв.АН УзССР, серия техн.наук, Ташкент, 1964, № 1.

3. Бекимбетов Н. и Тяп В.К. Взаимосвязь состава и содержания наносов Амударьинских оросительных систем, Изв.АН УзССР, 1967, № 3.
4. Бекимбетов Н. К вопросу регулирования твердого стока отстойниками на оросительных системах низовьев р.Амударьи (канд.дисс.).
5. Гостунский А.Н. Поведение взвеси в турбулентной среде (докт.дисс.).
6. Михеев П.В. Поток и наносы (докт.дисс.), 1952 г.
7. Хачатрян А.Г., Шапиро Х.Ш., Шарова З.И. Заиление и промыв ирригационных отстойников и водохранилищ, Изд-во "Колос", Москва, 1966.

ВОДОМЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА НА КАНАЛАХ
С НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ

В в е д е н и е

Водомерные устройства – гидрометрические (русловые) посты, водомерные и тарированные сооружения, автоматы и приборы – являются техническими средствами, обеспечивающими учет воды при ее заборе и распределении на ирригационных системах, что составляет основную задачу эксплуатационной гидрометрии. Машинные каналы насосных станций, особенно крупных, а также каскада станций, имеют свою специфику (в отличие от самотечных каналов), заключающуюся в случаях неустановившегося движения потока, подпорного режима, длительных переходных процессов и т.п. Поэтому выбор водомерных устройств и рекомендации по их применению должны производиться, наряду с общими требованиями, с учетом упомянутых специфических особенностей.

1. Общие положения

1.1. Водомерные устройства – гидрометрические русловые посты, водомерные и тарированные сооружения, автоматы и приборы – являются техническими средствами для выполнения основной задачи эксплуатационной гидрометрии – учет воды при ее заборе, транспортировании и распределении на ирригационных системах, в том числе и машинного орошения.

1.2. Пункты учета воды по своему значению подразделяются на:

а) опорные – на источниках орошения для учета водных ресурсов и установления гидрографа;

б) головные – в головах магистральных каналов или на головных участках для учета забора воды и подачи воды насосным станциям из источников орошения в ирригационную систему;

в) распределительные — в головах ветвей магистральных каналов, распределителей для учета распределения воды по межхозяйственным каналам и в пунктах выдела воды хозяйствам-водопользователям для учета поданной им воды;

г) хозяйственные — в пунктах учета распределения воды внутри хозяйства. Находятся в ведении самих хозяйств;

д) сбросные — на сбросных каналах и коллекторах для учета сбросных и возвратных вод;

е) балансовые и контрольные — на источниках орошения и каналах системы, на границах районов для установления баланса водных ресурсов и фактических потерь воды;

ж) специальные — для выполнения исследовательских и изыскательских работ.

1.3. Основная задача эксплуатационной гидрометрии — получение и передача оперативных данных (информаций) по учету воды, необходимых для составления и проведения планов водопользования и других эксплуатационных мероприятий для рационального использования водных ресурсов.

1.4. Состав работ эксплуатационной гидрометрии складывается из:

а) подготовительных работ — размещение сети водомерных устройств с выбором их типа, проектирование, строительство и оборудование новых постов, ремонт существующих водомерных устройств, подготовка оборудования, приборов, снабжение инструментами и материалами;

б) текущих работ — производство наблюдений и измерений уровней, расходов и других гидравлических элементов; содержание и контроль на местах за исправностью водомерных устройств с обеспечением условий для их нормальной работы, профилактических ремонтов;

в) обработка материалов — полевые записи наблюдений и измерений, их обработка, передача информации (данных) в диспетчерский пункт, периодическая и годовая отчетность по гидрометрии.

1.5. Водомерные устройства должны удовлетворять следующим основным требованиям:

а) допустимая погрешность в измерении расходов воды должна быть не более $\pm 5\%$ с учетом первичного прибора при местном отсчете. Дополнительная погрешность за счет применения средств автоматики и телемеханики должна составлять $\pm 1-2\%$;

б) диапазон измеряемых расходов $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$ должен быть не менее 3-4 раз, а при условии возможного увеличения орошаемых земель, поливных и промывных норм, может достигать до 5-6 раз;

в) простота, надежность конструкции и оборудования в целом и в отдельных частях при изготовлении, монтаже и эксплуатации;

г) массовые водомерные устройства на оросительной сети должны быть типовыми с возможностью изготовления деталей и в целом на заводах, полигонах;

д) измеряемый расход воды должен зависеть от 1-2 переменных величин (желательно от одной), что позволяет автоматизацию учета воды осуществить простыми первичными приборами и применить телемеханизацию;

е) удобство осмотра и проверки работы, ремонта, замены частей, установка и контроль приборов и аппаратуры;

ж) работа водомерных устройств не должна нарушаться наносами, мусором, плавником и др.;

з) нормальная работа при переменном-подпорном режиме потока и неустановившемся движении, особенно часто встречающихся на машинных каналах с насосными станциями.

1.6. Учет воды на оросительных системах, в том числе и на машинных каналах, организуется следующими методами и средствами.

А — Метод водомерных сооружений (гидравлический)

а) регуляторы-водомеры — гидротехнические сооружения, осуществляющие функции регулирования расхода (уровня) и учета воды, состоящие из регулировочной части, водомерного устройства и измерительного прибора;

б) водомерные сооружения транзитных расходов — специальные сооружения (устройства), осуществляющие только учет проходящих через них расходов воды: водосливы, лотки, пороги, насадки на открытых каналах и водомеры в напорных трубопроводах (диафрагмы, сопла, скоростные и др.);

в) тарированные гидротехнические сооружения, существующие (действующие) на системах сооружения; головные и распределительные регуляторы, перегораживающие и сбросные, перепады, быстротокки, лотки и другие, в которых путем тарировки устанавливают зависимости расхода воды от 1-3 переменных.

Б — Метод автоматических регуляторов

а) вододействующие (гидравлические) и электромеханические регуляторы, стабилизирующие заданные расходы воды — автоматы расхода;

б) то же стабилизирующие заданные уровни воды в верхнем или нижнем бьефах — автоматы уровня.

В — Руслевой метод (гидрометрический)

Метод периодических замеров расходов воды гидрометрическими вертушками на гидрометрических постах (створах) для установления и контроля зависимости расхода от высоты уровня воды — $Q = f(H)$.

Систематический (ежедневный) учет воды производится по имеющейся зависимости по данным наблюдений H по уровневой рейке (прибору).

1.7. Выбор и применение средств учета, перечисленных в п. 1.6, рационально производить, исходя из следующих положений:

а) для новых и реконструируемых ирригационных систем, в том числе и машинных, все регулирующие сооружения: головные регуляторы магистральных каналов, их ветвей и распределителей, водовыпуски в хозяйства, как правило, должны быть регуляторами-водомерами. На существующих каналах многие регуляторы могут быть переоборудованы в водомерные. Регуляторы-водомеры, рационально сочетая функции регулирования и учета воды, удовлетворяют большинству требований п.1.5 и нормально работают в условиях переменного-подпорного режима и затопленного истечения. Таким образом, так как регулирующие сооружения на системах составляют преобладающее большинство (80-90%), то регуляторы-водомеры должны стать основными средствами учета воды при ее распределении;

б) тарировку долговременных, исправных сооружений можно предусматривать в случаях, если расход воды зависит от одной (напор H) или двух (напор H и высота открытия затвора a) переменных величин. В первую очередь это не-регулирующие сооружения (перепасы, быстротоки, лотки), а затем регуляторы и сбросы со свободным истечением из-под затвора. У сооружений с затопленным истечением, где три переменных (H, h, a), затруднительно автоматизировать учет воды и поэтому они могут быть протарированы и использованы лишь при местных определениях расхода воды по таблицам или графикам;

в) автоматические регуляторы расхода и уровня воды следует предусматривать на новых и реконструируемых системах. Гидравлические автоматы преимущественно рекомендуются на хозяйственных и небольших межхозяйственных каналах (до $5 \text{ м}^3/\text{сек}$);

г) водомерные сооружения транзитных расходов и русловые гидрометрические посты применяются на балансовых и контрольных пунктах, у насосных станций и как исключение на головных участках каналов в случае невозможности и нецелесообразности переоборудования головных регуляторов в водо-

мерные или их тарировки. При этом предпочтение отдается водомерам транзитных расходов;

д) на насосных станциях желательно осуществить поагрегатный учет подачи воды специальными водомерными устройствами — диафрагмы, сопла, колена с дифманометрами, скоростные, интегрирующие трубки и др.;

е) в случае необходимости применения гидрометрического поста на участках канала с переменным режимом, рекомендуется применять способ САНИИРИ, Ярцева В.П. /16/.

II. Рекомендуемые водомерные устройства

2.1. Приводится перечень, краткая характеристика и условия применения рекомендуемых водомерных устройств для оросительных систем вообще и для малинных каналов в особенности. Данные по их устройству, проектированию и применению имеются в трудах САНИИРИ, вып. 127, 1970, а также в приложенном списке литературы.

2.2. В табл. I дан перечень водомерных устройств регулирующих сооружений, образующих регуляторы-водомеры (рис. I).

2.3. Все регуляторы-водомеры, приведенные в табл. I, могут работать при соответствующих условиях применения при переменном подпоре и затопленном истечении в нижнем бьефе, поэтому пригодны на каналах с насосными станциями. Позволяют оборудовать их автоматическими средствами учета (первичные измерительные приборы типа дифманометров) телеизмерения (контроля) и регулирования расхода воды.

2.4. В табл. 2 и рис. 2 даны перечень и конструктивные схемы водомерных сооружений для учета транзитных расходов воды.

2.5. Из транзитных водомерных сооружений водомерные пороги САНИИРИ (Бутырина) и водосливы (Иванова) применимы на машинных каналах с переменным подпором, однако, с усло-

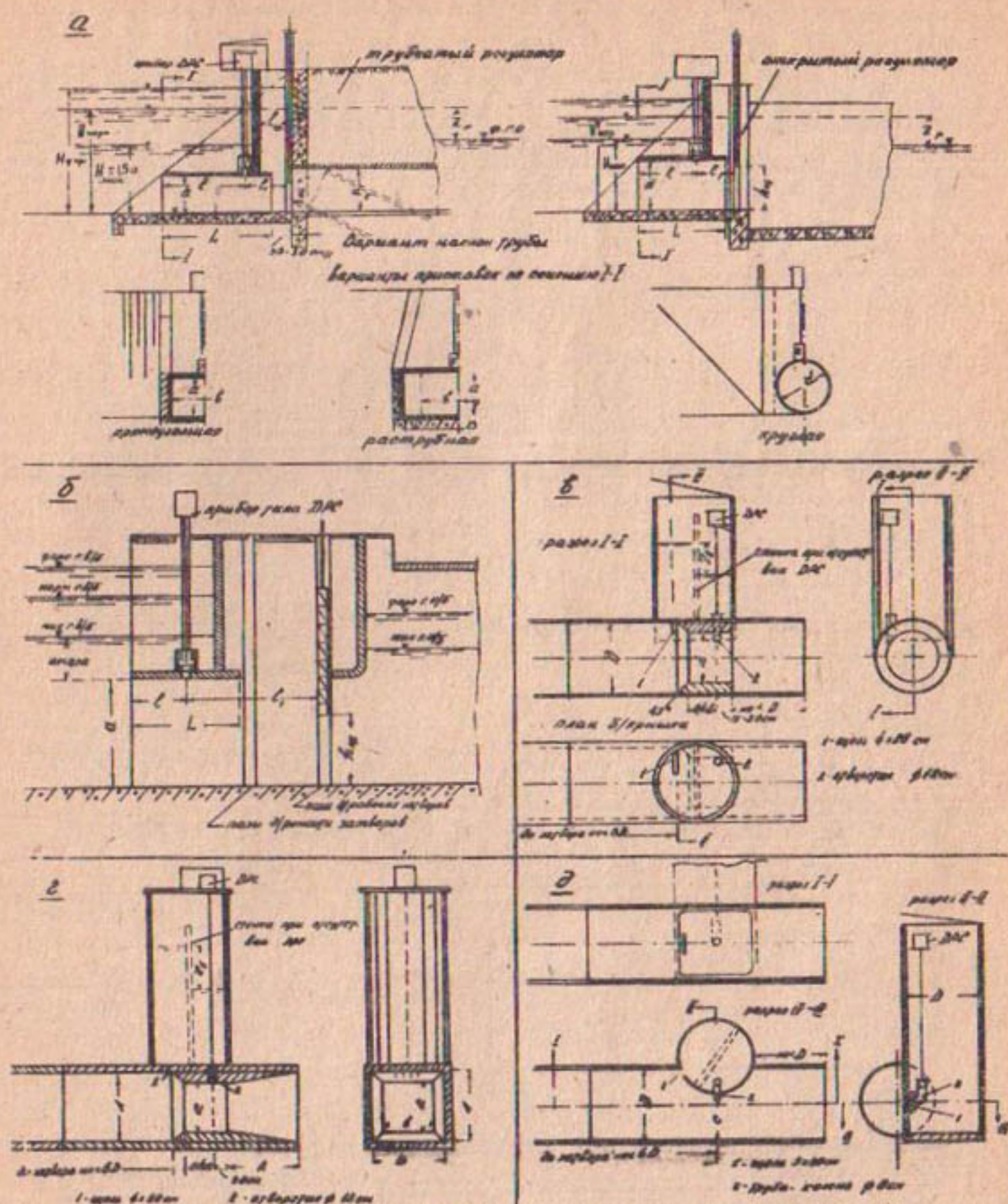


Рис. I. Водомерные устройства регулирующих сооружений:

- а) — водомерные приставки к трубчатым и открытым регуляторам;
 б) — приставка к большому регулятору; в) — цилиндрическое кольцо на выходе трубчатого регулятора; г) — сужение типа Вентури на выходе т.р.; д) — сужение-боковой цилиндр на выходе тр. регулятора.

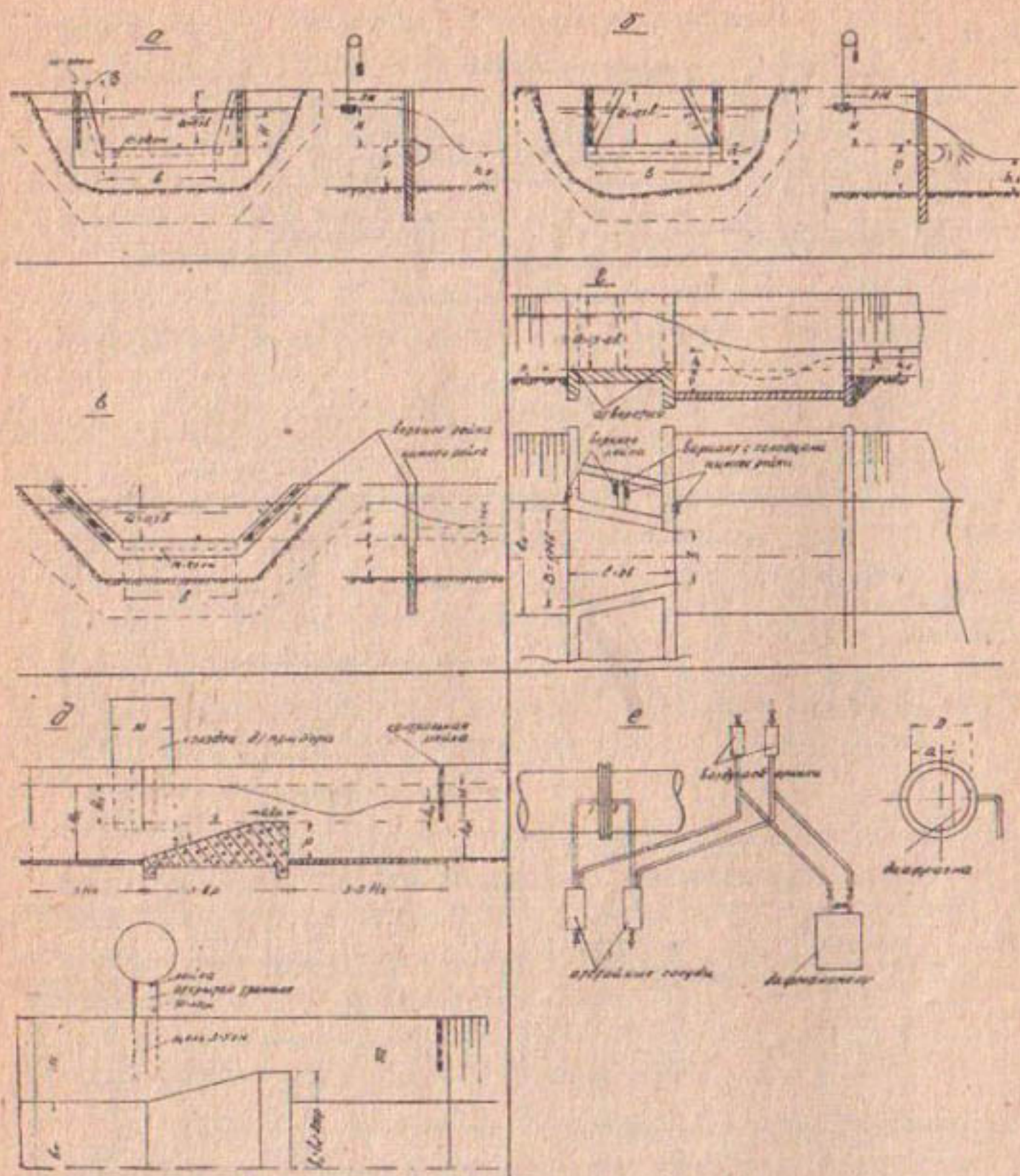


Рис.2. Водомерные устройства транзитных расходов:

- а) трапецеидальный водослив с откосами 1:4 (Чиполлетти);
- б) трапецеидальный водослив с обратными откосами 1:2
- в) пропорциональный (Бутырина);
- г) лоток САНИИРИ (Ярцева)
- д) водомерный порог САНИИРИ (Бутырина);
- е) боковая сегментная диафрагма.

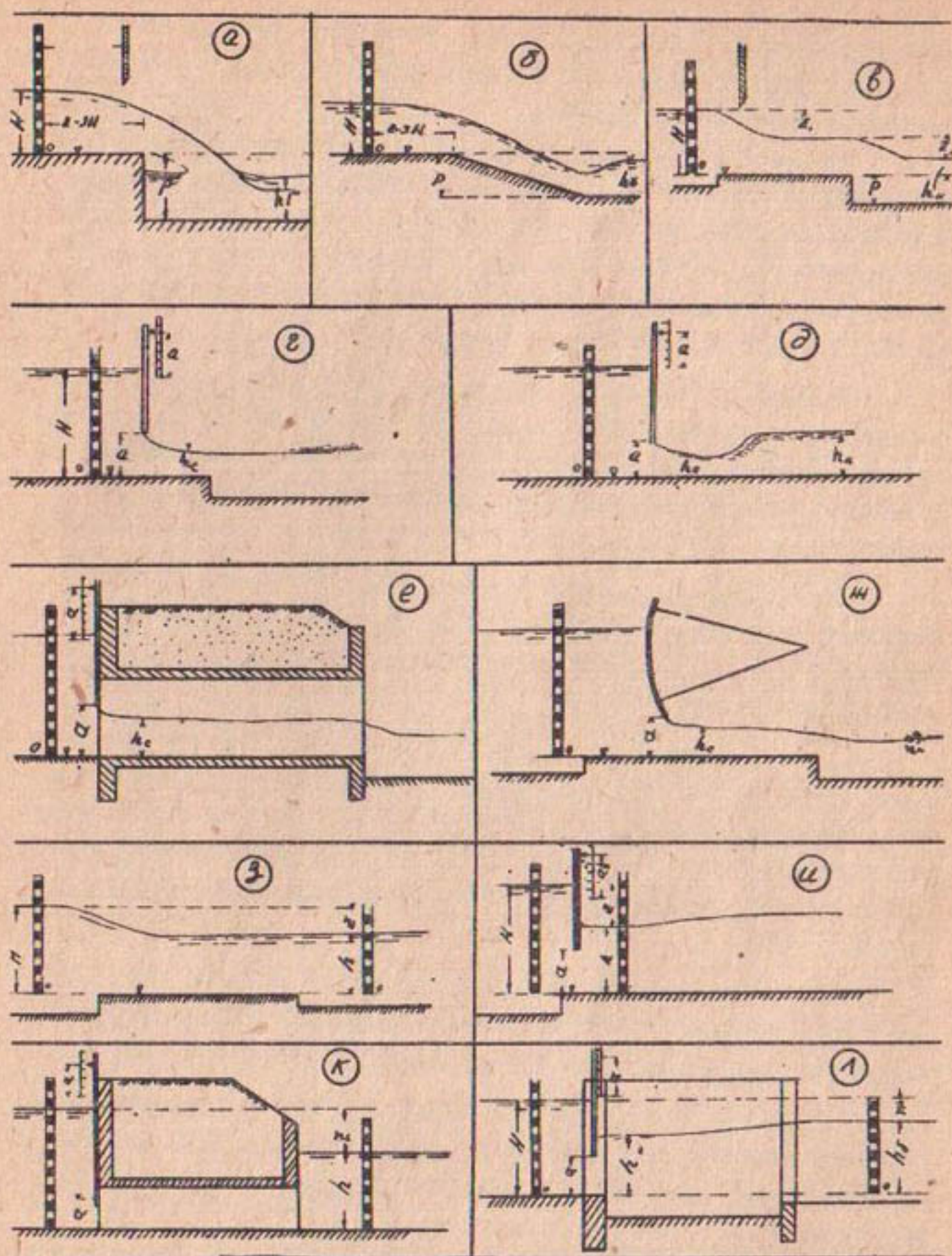


Рис.3.Тарированные сооружения на открытой оросительной сети.

вием недопущения относительного затопления $\frac{h}{H}$ не более 0,80. Другие водосливы и лотки рекомендуются с обеспечением свободного истечения.

Боковая сегментная диафрагма с промышленными дифманометрами обеспечивает свободный пропуск наносов и может быть использована на напорных трубопроводах насосных станций и закрытой оросительной сети. Следует заметить, что рациональных, надежно-работающих водомеров для агрегатов насосных станций еще нет.

2.6. В табл.3 даны основные типы гидротехнических сооружений и краткие указания по их тарифовке, на рис.3 приведены схемы тарифованных сооружений. К тарифовке следует назначать только исправные долговременные сооружения, не подлежащие в ближайшие годы реконструкции.

2.7. Подробные указания по производству тарифовки гидрометрических сооружений их оборудованию и применению имеются в /16, 17, 5/ по гидравлическому способу и в /9/ по гидрометрическому способу.

2.8. Русловой метод можно применять лишь при отсутствии переменного подпора, в случае изменчивости русла за счет заиления необходимо иметь фиксированный участок гидрометрического поста. При использовании руслового метода руководствуются методикой /16, 8/ и местными ведомственными инструкциями.

2.9. При наличии гидрометрического поста в сфере переменного подпора, оперативный (ежедневный) учет воды рекомендуется производить по методу САНИИРИ, Ярцева В.Н. /16/.

2.10. В табл.1,2,3 в последней графе указаны рекомендуемые измерительные приборы и приспособления. Указания по их устройству, монтажу и применению даются в соответствующих инструкциях.

Таблица I

Наименование, автор предложения	Основные размеры	Условия применения и расчетные данные	Достоинства	Рекомендуе- мые измери- тельные приборы, приспособле- ния
I	2	3	4	5
Водомерные приставки на входе трубчатых и открытых сооружений; образуют трубчатые и открытые регуляторы- водомеры - ТРВП, ОРВП (САНИИРИ, Краснов В.Е., рис. I, а)	$L = 1-3D(\alpha)$ $L = 0,5-2,5D$ $L > D$ $L_{ш} = 60-80$ см	Напорный режим приставки. $H_{min} > 1,3-1,5D$. Расходы до 10 м ³ /сек. Режим в ним- ности регулятора. Удобство и экономич- ность пересборудова- ния; одна переменная величина z . Неза- висимость от пере- менного подпора в канале z - расчетный перепад си- стемы не < 10 см. Учетная формула z - водомерный перепад 15-40 см	Почти не снижается пропускная способ- ность регулятора. Удобство и экономич- ность пересборудова- ния; одна переменная величина z . Неза- висимость от пере- менного подпора в канале	Дифприборы: ДРС-60, Там- ДРС-66, Там- кент, Баку
Водомерная приставка к большому регулято- ру с забральной стенкой (вариант) образует РВП (САНИИРИ, Краснов В.Е., рис. I, б)	$L = 0,8-1,0D$ $L = 0,4-0,5D$ $L > D$	Напорный режим приставки $H_{min} > 1,3D$. Расходы до 50 м ³ /сек через один пролет. Формулы те же	Те же	Те же

I	2	3	4	5
Цилиндрическое кольцо на выходе трубчатых регуляторов-водопусков САНИИРИ. Образуется трубчатый регулятор-водомер с кольцом - ТРВК (рис. I, в)	$a/d = 0,75$ Удаление кольца от затвора не $< 6Д$	Налорный режим в трубе - затопление с н/бьефа не < 15 см над трубой в-и конструкции входа пуска. Расчетная формула $Q = 1,84D^2 \sqrt{Z_p}$ Учетная формула $Q = 3,4 d^2 \sqrt{Z_p}$ Z_p - расчетный перепад не < 15 см, Z_p - водомерный перепад. Расходы до $2,5$ м³/сек при одноочковом варианте	Независимость от условий подхода потока ДРС-60, ДРС-66, Ташкент, Баку Независимость присоединения к существующему регулятору. Одна переменная величина Z_p. Независимость от переменного подпора	Дифприборы: ДРС-60, ДРС-66, Ташкент, Баку
Сужение типа Вентури в выходной части трубчатых регуляторов квадратного сечения САНИИРИ, Средазгазипроводхлопок (рис. I, г)	$a/A = 0,71$ Удаление от затвора не $< 6А$	Те же, за исключением: Расчетная формула $Q = 2,8 A^2 \sqrt{Z_p}$ Учетная формула $Q = 4,07 a^2 \sqrt{Z_p}$ Расходы до $5,0$ м³/сек при одноочковом варианте	Те же	Те же
Боковой цилиндр к трубчатым регуляторам (САНИИРИ, Старковская В.Е., рис. I, д)	$a/r = 0,7$ $a/d = 0,66$ Удаление затвора не $< 6Д$	Те же, за исключением: Расчетная формула $Q = 3,15 d^2 \sqrt{Z_p}$ Учетная формула $Q = 3,19 a^2 \sqrt{Z_p}$	Те же	Те же

Таблица 2

Наименование, автор предложения	Основные размеры	Условия приложения и расчетные данные	Достоинства и недостатки	Рекомендуемые измерительные приборы, приспособления
1	2	3	4	5
Трапецеидальные водосливы с откосами 1:4 Чиполетти (рис. 2, а)	$\delta = 25, 50, 75, 100, 125, 200, 300$ см	Рекомендуются при свободном истечении ($h_e < \rho$) на открытых каналах с большими уклонами и небольшими наносами. Высота порога ρ не $< 0,35\delta$. Подходная скорость V_0 не $> 0,5$ м/с. Учетная формула $Q = 1,96h\sqrt{H}$ м ³ /с Пределы H от 0,1 δ до 0,35 δ . Расходы до 6 м ³ /сек	Простота, стандартность и экономичность устройства. Учет воды легко автоматизируется при свободном истечении. Возможность заливания, большие подпоры	Расходные рейки, лимниграфы, расходографы, теленимеры
Трапецеидальные водосливы с обратными откосами 1:2 (пропорциональные САИИР, Бутырин И.В. рис. 2, б)	$\delta = 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200$ см	Те же, за исключением: Учетная формула $Q = 2,02(\delta - 0,5H)\sqrt{H}$ м ³ /сек Пределы H от 0,1 δ до 0,4 δ . Расходы до 1,2 м ³ /сек	Те же, за исключением: наличие прямой пропорциональности Q от H еще более упрощает автоматизацию учета воды	Те же
Трапецеидальные водосливы с откосами 1:1 Иванова А.И. (рис. 2, в)	$\delta = 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300$ см	При свободном истечении $Q_{\text{св}} = (\delta - 0,25H)\sqrt{H}$ м ³ /с при затопленном истечении $\frac{H}{\delta} > 0,2$, но не более 0,85, где $Q = 0,67\delta\sqrt{H}$ м ³ /с, здесь δ м, H см. Пределы H от 0,1 δ до 0,35 δ . Расходы до 7,0 м ³ /сек	При свободном истечении те же. При затопленном истечении автоматизация затруднена — две переменные	При свободном истечении те же. При затопленном истечении — верхние и нижние расходные рейки

1	2	3	4	5
Водомерные лотки САНИИРи Ярцева В.Н. (рис.2, г)	$\delta = 30, 40, 50, 60, 70, 70 \text{ см}$ $\delta = 1, 1, 6 \delta$ $\epsilon = 2 \delta$ $a = 1, 5-2 \delta$	Для открытых каналов с расходами до $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Желательно свободное истечение. Перепад P не $< 0,5 \text{ м}^{\text{вод.ст.}}$ При свободном истечении: $h < 0,2 \text{ м}$ $Q_{\text{до}} = 2,14 \delta \text{ м}^{1,55} \text{ м}^3/\text{сек}$. При затопленном истечении $h > 0,2 \text{ м}$, но $< 0,8 \text{ м}$ $Q_2 = 6Q_1$ $G = 1,085 \left[1 - \frac{1}{1,7(1 - \frac{h}{H})} \right]$	Простота конструкции. При свободном Работе при свободном истечении - и затопленном истечении расходные рейки. Учет воды легкими, лимниграфы, автоматизируется при расходографах, свободном истечении. телеизмерители. Возможность заиливания При затопленном - верхние с нижнего бьефа и нижние рейки	
Водомерный порог САНИИРи Бутырина М.В. ВПС (рис.2, д)	$\rho \approx 0,6 h_{\text{макс}}$ $\delta_2 = \delta_1 \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}}$ $m = 1; 1,5$	Для открытых каналов с расходом до $50 \text{ м}^3/\text{с}$ на неотстойчивых участках. При $h_2/h_1 < 0,82$ $Q = (Q_1 + Q_2 \alpha \frac{h_2}{h_1}) (G_2 \cdot m H_2) H_2 \sqrt{2g H_2}$	Возможность работы при подпорном режиме. Незначительный подпор при $Q_2 \approx Q_1 h_1$. Легко автоматизируется	Те же
Водомерное устройство с боковой сегментной диафрагмой (рис.2, е)	$\alpha/\rho = 0,6+0,8$ $m = \frac{\omega_2}{\omega} = 0,624 + 0,86$ $\alpha = 0,72+0,87$	Для закрытых каналов и напорных трубопроводов, в том числе насосных станций $Q = 0,785 \alpha m \sqrt{\frac{2g \rho}{\delta}}$ Невозвратимая потеря давления $P = (1-m) \Delta P$	Простота конструкции Промышленный и монтаж на трубопроводе. Лучшее условие против попадания в отверстия наносов и воздуха	

Таблица 3

Тип сооружения	Вид истечения	Указания по тарировке и использованию	Измерительные приборы
I	2	3	4
Перепад, быстрое истечение без затвора или с поднятым затвором (рис. 3, а, б)	Свободное истечение $h_2 < \rho$	Производится 6-8 вертутечных замеров расходов в пределах от Q_{min} до Q_{max} , затем можно применить два способа: 1) гидравлический — определение коэффициента расхода m из формулы: $Q = m \sqrt{2g} H^{3/2}$, зная m и ширину пролета b — учет воды производится по $Q = \rho \sqrt{H}$ 2) гидрометрический — составление графика (кривой) зависимости $Q = f(H)$	Уровнемерная рейка в спокойном месте: 2-3 м от перепада. Самописцы, датчики уровня в специальных установках
Широкий порог без затвора или с поднятым затвором (рис. 3, в)	Свободное истечение $h_2 < 0,70 H$	Те же	Те же
Регуляторы открытые, закрытые с плоскими и сегментными затворами (рис. 3, г, д, е, ж)	Свободное истечение из-под затвора $h_2 < \sigma$, видна нижняя кромка затвора со стороны нижнего бьефа	Рекомендуется гидравлический способ тарировки. По 5-6 замерам определяют коэффициент расхода m из формулы: $Q = m \sqrt{2g} H^{3/2}$, зная m и b по известным H и σ учит воды производится по расходу по таблице, составленной по коэффициенту m и b . Или постоянным, или зависящим от H . При гидрометрическом способе требуется для построения графика $Q = f(H, \sigma)$ 50-80 замеров	Уровнемерная рейка в верхнем бьефе и присоединение для определения высоты открытия α . При телемеханизации датчик уровня и ДПЗ (датчик положения затвора)

1	2	3	4
Регуляторы открытые затворами с плоскими затворами	Затопленное истечение из-под затвора $h > a$; нижняя кромка затоплена с него бьефа	Те же, за исключением $Q = m\omega\sqrt{g(h-h_0)}$ расходная таблица составляется по тарировочному уравнению: $Q = m\omega\sqrt{g}h^{3/2}$ Значение m более постоянно, если глубина воды h берется сразу непосредственно за затвором	Уровнемерные рейки напора H в верхнем бьефе и глубины воды h сразу за затвором или h_0 за сливом в нижнем бьефе. Телемеханизация затруднена, так как необходимо 2 датчика уровня воды и ДПЗ
Трубочатые регуляторы, водовыпуски	Напорное затопленное истечение $h >$ высоты трубы	Те же, за исключением $Q = m\omega\sqrt{g(h-h_0)}$, где ω — площадь подпорового отверстия, зависящая от высоты откатыя a Тарировочное уравнение $Q = m\omega\sqrt{g}h^{3/2}$	Те же, за исключением — уровнемерную рейку и датчик можно установить только в нижнем бьефе
Широкий порог без затвора или с поднятым затвором	Истечение затопленное $h > 0,70H$	Рекомендуется гидрометрический способ — построение графика $Q = f(x)$, где $x = H - h$	Уровнемерные рейки в верхнем и нижнем бьефах
Дожки, акведуки, бетонированные участки каналов	Установившееся равномерное движение потока при скоростях выше критических, переменный подпор отсутствует	Тарироваться обычным русловым методом	Уровнемерная рейка для H , датчик уровня

2.II. Из автоматических регуляторов в основном рекомендуются вододействующие (гидравлические) устройства; из автоматов постоянного горизонта – щиты системы Финке, клапанные затворы Бочкарева Я.В., сегментные по типу "Нейрлик" /12/; из автоматов постоянного расхода – регуляторы с наклонными стенками, пружинные автоматы /15, 2/. Электромеханические регуляторы преимущественно устанавливаются на крупных гидротехнических узлах и сооружениях. Автоматические регуляторы – средства автоматизации регулирования.

III. Основные правила содержания и эксплуатации водомерных устройств

3.1. Строительство, переоборудование и наладка водомерных устройств и приборов осуществляется по имеющимся и издаваемым инструкциям и указаниям СМУ или силами эксплуатационного штата ОблУОС.

3.2. Содержание и эксплуатация водомерных устройств возлагается на штат эксплуатационной гидрометрии, который периодически и систематически осуществляют надзор за исправностью сооружений и оборудования и обеспечивает нормальные условия для работы водомеров и приборов.

3.3. На каждое водомерное устройство (пост) должно быть заведено дело с технической карточкой, паспортом, журналом наблюдений, измерений, графиками, ведомостью контрольных замеров и прочими материалами.

3.4. Наблюдения за уровнями, расходами и передача оперативных данных на диспетчерский пункт производятся в сроки, установленные Управлением эксплуатации канала (системы).

3.5. Ниже даны основные правила эксплуатации водомерных устройств в зависимости от их типа:

А. Водомеры-регуляторы

3.6. Регуляторы-водомеры, осуществляющие функции регулирования и учета расхода воды, являются регулирующими гидротехническими сооружениями, поэтому к первым также относятся все правила по содержанию и эксплуатации гидротехнических сооружений. Показателями их нормального технического состояния и работы являются:

- а) достаточная пропускная способность;
- б) надежность регулирования расходов воды, ручное или электрифицированное;
- в) отсутствие размывов в нижних бьефах и разрушений отдельных частей сооружений;
- г) отсутствие пустот и опасной фильтрации под флот-бетом и стенками сооружений;
- д) безотказная работа затворов и подъемных механизмов;
- е) отсутствие утечки воды через пазовые устройства.

3.7. На стенках понурной и сливных частей распределительного узла сооружений должна быть нанесена черта, фиксирующая максимально-допустимый уровень воды; превышение этого уровня категорически запрещается.

3.8. Регулирование расхода воды (попуски) должно быть постепенным в целях устранения оползания откосов канала.

3.9. За водомерными устройствами сооружений и установленными на них приборами должен осуществляться систематический надзор за их состоянием и правильностью работы. Приборы должны находиться в защитных колодцах, кожухах, предохраняющих их от повреждений и постороннего вмешательства.

3.10. Затворы, ходовые части, рабочие и водомерные отверстия колодца должны содержаться в чистоте и регулярно очищаться от мусора, грязи, наносов, случайных предметов и т.п. В установленные сроки нужно производить смазку трущихся в работе деталей и покраску рабочего оборудования и металлических конструкций.

3.11. На гидротехников и гидрометров, в ведении которых находятся данные водомеры-регуляторы, возлагается:

а) градуировка расходных шкал на циферблате, наладка приборов и контроль за нормальной работой. При наличии телемеханической аппаратуры наладка, контроль возлагаются на специалистов-наладчиков;

б) проведение 2-3 раза в год и каждый раз после ремонта контрольных вертушечных замеров расхода воды на гидрометрическом створе (обычно ниже сооружения) для проверки правильности работы водомера и приборов. В случае расхождения более $\pm 5-6\%$ производится новая градуировка шкалы прибора.

Б. Водомерные сооружения транзитных расходов

3.12. Водомерные сооружения транзитных расходов оборудуются в соответствующих местах уровнемерными, а при свободном истечении — расходомерными рейками или приборами (самописцы, датчики). Для контроля нулей реек у сооружения должен быть постоянный репер.

3.13. Контрольные вертушечные замеры и нивелировка нулей реек производится 2-3 раза в год и каждый раз после ремонта и обнаружения неисправности.

3.14. По мере необходимости производится очистка подходов участков перед водомерами, а также траншей и колодцев (к прибору) от наносов.

3.15. Желательно, чтобы водомерные сооружения — водосливы, лотки, пороги работали со свободным истечением; так как при этом обеспечивается более точный и автоматизированный учет воды и независимость от нижнего бьефа (переменного подпора).

В. Тарированные сооружения

3.16. На тарированных для учета воды гидротехнических сооружениях должны быть установлены уровнемерные рейки рис.3, а также сделано приспособление для измерения высоты открытия затворов. Нули реек желательно совмещать с порогом сооружения или иметь нивелировочные отметки. Нули верхней и нижней реек (при затопленном истечении) должны быть на одной отметке. На телемеханизированных системах устанавливаются соответствующие датчики уровней ДПУ и положения затворов ДПЗ.

3.17. В деле тарированного сооружения, кроме паспорта и чертежа, должны быть графики и таблицы зависимости расхода от переменных величин: H — при свободном истечении без затвора, H и h — при затопленном истечении без затвора, H и a — при свободном истечении из-под затвора; H, a и $z = H - h$ при затопленном истечении из-под затвора.

3.18. Контрольные вертушечные замеры можно производить один раз в месяц, нивелировка нулей реек два-три раза в год.

3.19. При надзоре за сооружениями обращается внимание за исправностью затворов, реек, рабочих отверстий, датчиков и т.д.

Г. Руслонные гидрометрические посты

3.20. Гидрометрический (рабочий) створ должен быть перпендикулярен общему направлению течения воды в канале, расположен в середине прямолинейного участка длиной не менее 5 ширины канала. Участок гидропоста не должен находиться в сфере переменного подпора, не подвергаться частой деформации и зарастанию. Если все же появляется водная растительность, то она должна периодически выкашиваться в пределах участка. Желательно участок гидропоста закрепить облицовкой, т.е. иметь фиксированное русло.

3.21. Гидрометрический створ оборудуется мостиком, лямкой или пентоном (в зависимости от ширины русла) постоянным репером и устройством для наблюдения, фиксирования или регистрации уровня воды над нулем графика поста. Однако это устройство, особенно при нахождении его в потоке (островная установка), должно быть удалено от гидроствора настолько, чтобы оно не нарушало параллельно-струйного течения потока в створе.

3.22. Контрольные вертушечные замеры производятся как правило один раз в декаду, на устойчивых участках можно 2 раза в месяц.

3.23. Наблюдения за уровнем на водомерном посту производится 3 раза в сутки, а при частых колебаниях необходима установка самописца, при отсутствии частых колебаний уровня воды достаточно одного наблюдения в любое удобное время.

3.24. Контрольные нивелировки нулей реек, реперов производятся перед началом поливного периода и немедленно в случае их повреждения и ремонта.

IV. Ремонт, техника безопасности и охрана

4.1. Поддержание в исправности и рабочем состоянии водомерных сооружений и устройств, а также прилегающих участков каналов обеспечиваются согласно гл. III, при условии надлежащего надзора и постоянного ухода за ними, своевременного проведения ремонта, устранения повреждений и охраны.

4.2. Приемка в эксплуатацию новых или реконструируемых водомерных устройств производится комиссией, назначаемой начальником системы. В состав комиссии обязательно включаются гидрометр и гидротехник участка.

4.3. При сдаче объекта в эксплуатацию должны быть оформлены:

а) скорректированная при строительстве (исполнительная) проектная документация (чертежи, пояснительные записки);

б) заводская документация: паспорта, инструкции оборудования и приборов;

в) протоколы наладки, измерений и испытаний.

4.4. Ремонтные работы, их перечень и объемы устанавливаются ежегодно осенью после окончания вегетационных поливов согласно дефектных ведомостей, составляемых участковыми гидрометрами.

4.5. Капитальный ремонт и реконструкция водомерных сооружений осуществляется на основании технических проектов.

4.6. Ремонтно-строительные и монтажные работы осуществляются Управлением канала хозяйственным способом или по договорам со строительно-монтажными конторами.

4.7. Ремонт водомерных устройств, как и гидротехнических сооружений должен выполняться в осенне-зимне-весенний период до прохождения паводков.

4.8. При производстве гидрометрических работ на гидрометрических и водомерных сооружениях должны соблюдаться правила техники безопасности и охраны труда, установленные специальными инструкциями.

4.9. Особое внимание должно быть обращено на строгое соблюдение правил техники безопасности на работах с электрооборудованием и электроинструментами.

4.10. Производство работ в текучей воде при глубине свыше метра допускаются люди, умеющие плавать. При скоростях течения потока свыше 3 м нахождение рабочих в воде запрещается. Недопустимо погружение людей в воду перед входными отверстиями и в водобойные части гидротехнических сооружений.

4.11. Особое внимание надо обращать на состояние гидрометрических мостов, люлек, тресов и т.д.

4.12. Запрещается перемещение с собранными длинными металлическими штангами под линиями высокого напряжения.

4.13. Для оказания первой помощи при несчастных случаях на каждом крупном гидроузле насосной станции, производственном предприятии должны находиться аптечки, спасательные и противопожарные средства.

4.14. Охрана водомерных устройств, как и всех гидротехнических сооружений, имеет цель оградить их от всякого вида повреждений, разрушений, а также от расхищения имеющегося при них оборудования и аппаратуры.

4.15. Доступ на сооружение, маневрирование затворами, пользование приборами разрешается определенному контингенту работников. Другие лица могут допускаться только в сопровождении работников, обслуживающих данное сооружение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация гидромелиоративных систем, Сб.ст. "Вопросы гидротехники", Изд-во АН УзССР, вып.32, 1968.
2. Автоматизация гидромелиоративных систем, Тр.САНИИРИ, вып.115, Ташкент, 1967.
3. Бутырин М.В. Водомеры для колхозной и межколхозной ирригационной сети, Тр.САНИИРИ, вып.60, Ташкент, 1941.
4. Бутырин М.В. Водомерный порог САНИИРИ, "Гидротехника и мелиорация", № 6, 1959.
5. Бутырин М.В. Учет оросительной воды гидротехническими сооружениями, Сельхозгиз, М., 1951.
6. Водомерные сооружения, приборы и гидравлические автоматы, "Вопросы гидротехники", вып.4, Изд-во АН УзССР, Ташкент, 1962.
7. Железняков Т.В. Гидрометрия, Изд-во "Колос", М., 1964.
8. Инструкция по учету водозабора оросительными и обводнительными каналами из источников орошения, ч.1, Гидрометиздат, Л., 1965.
9. То же, ч.II, Гидрометиздат, Л., 1966.
10. Краснов В.Е. Водомерные приставки к открытым и трубчатым сооружениям, "Гидротехника и мелиорация", № 12, 1961.

- II. Краснов В.Е. Инструкция по устройству и применению динамического расходоуказателя ДРС-60 на водомерных сооружениях, Изд-во ВИПС, Ташкент, 1962.
- I2. Справочник гидротехника-ирригатора, ч.П, гл.VI - Автоматизация учета и регулирования воды на оросительных системах, Изд-во "Узбекистон", Ташкент, 1964.
- I3. Стариковская В.Е. Трубчатый водомер-регулятор с боковым цилиндром, Тр.САНИИРИ, вып.122, 1970.
- I4. Сальников М.П. Использование сегментной диафрагмы для измерения расходов воды на мелиоративных насосных станциях, "Вопросы гидротехники", Изд-во АН УзССР, вып.7, 1962.
- I5. Хамадов И.Б., Гартунг А.А. Автоматические затворы с постоянным расходом, "Гидротехника и мелиорация", № 8, 1966.
- I6. Ярцев В.Н. Эксплуатационная гидрометрия, Сельхозгиз, М., 1951.
- I7. Ярцев В.Н. Практическое руководство для тарировки гидротехнических сооружений, Тр.САНИИРИ, вып.31, Ташкент, 1936.

О ТОЧНОСТИ ФОРМУЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ СКОРОСТЕЙ ПОТОКА ТОЧЕЧНЫМИ МЕТОДАМИ ДЛЯ РУСЛОВОГО СПОСОБА УЧЕТА РАСХОДА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Русловый метод определения расхода оросительной воды основан на предварительном измерении геометрических элементов живого сечения (глубин, межвертикальных расстояний и т.д.) и нахождении соответствующих средних значений скоростей на вертикали.

Теоретически средняя скорость воды на вертикали может быть записана как частное от деления скоростной площади (т.е. площади, ограниченной горизонтом воды, данной вертикалью, дном и линией графика скоростей) на глубину потока H на вертикали. Обозначая зависимость, характеризующую распределение скоростей на вертикали, через $V = V(h)$, получаем

$$V_{cp} = \frac{1}{H} \int_0^H V(h) dh. \quad (1)$$

Практическая гидрометрия для определения средних скоростей использует обычно упрощенные методы, по которым вычисляется средняя скорость по 1, 2 или 3-точечным скоростям на вертикали.

Приведем наиболее употребляемые формулы

$$\text{Одноточечная} \quad V_{cp}^{(1)} = \frac{\int_0^H V(h) dh}{H} = \frac{V_{0,sh} \cdot H}{H} = V_{0,sh}, \quad (2)$$

$$\text{двухточечная} \quad V_{cp}^{(2)} = \frac{\int_0^H V(h) dh}{H} = \frac{H(V_{0,sh} + V_{0,sh})}{2H} = \frac{1}{2}(V_{0,sh} + V_{0,sh}), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{трехточечная} \quad V_{cp}^{(3)} &= \frac{\int_0^H V(h) dh}{H} = \frac{H(V_{0,sh} + 2V_{0,sh} + V_{0,sh})}{4H} = \\ &= \frac{1}{4}(V_{0,sh} + 2V_{0,sh} + V_{0,sh}), \end{aligned} \quad (4)$$

где $V_{a,eh}$, $V_{a,h}$, $V_{a,h}$ — скорости потока в соответствующих точках вертикали.

При оценке использования той или иной эффективности из указанных формул необходимо учитывать два наиболее существенных фактора: трудоемкость работ по измерению скоростей потока в отдельных точках и результирующую точность в определении средней скорости.

В этом случае наиболее применима двухточечная формула (3), которая показывает наилучшее соответствие с действительностью. По данным литературы ее точность в большинстве случаев оценивают в 2-3% [2,3].

Одноточечная формула (2) может давать ошибки до 6% и больше [10,8], причем вероятная ошибка увеличивается для створов с большими глубинами и скоростями течения.

Трехточечная формула (4), применяемая сравнительно реже, может быть получена как среднее арифметическое из значений $V_{a,h}$ по формулам (2) и (3). Так как значение из менее точной формулы (2) входит сюда с двойным весом, то формула (4) является менее удачной, чем двухточечная. Неудовлетворительность трехточечной формулы обуславливается неудачней ее конструкцией.

Для гидрометрической практики важен вопрос о необходимости выработки общих принципов конструирования точечных формул, оптимальных с точки зрения сочетания простоты их использования, трудоемкости измерительных работ и удовлетворительной точности соответственно полной площади эпюр скоростей потока на вертикали.

Используемые в гидрометрии формулы для вычисления средней скорости можно рассматривать как частные случаи совокупности точечных формул, получаемых заменой интеграла $\int V(h) dh$ (площади с плавной кривой) конечной суммой $\sum A_k V(h_k)$ (площади с ломанной кривой), соответственно выбранными весовыми коэффициентами A_k и точками измерения скоростей h_k .

Поэтому вопрос о построении оптимальных формул для вычисления средней скорости сводится к выбору точек измерения скоростей и весовых коэффициентов таким образом,

чтобы соответствующая точечная формула была по возможности простой и обеспечивала достаточно высокую точность.

В работе для получения оптимальных точечных формул используется математический аппарат теории приближенного интегрирования. При этом рассматриваются три возможных варианта в зависимости от типа ограничительных условий:

1. Точки измерения скоростей потока h_k на вертикали фиксированы и совпадают с формулами практической гидрометрии, а весовые коэффициенты A_k определяются по методу Ньютона-Котеса из равенств

$$A_k = \int_0^H \ell_k(h) dh, \quad (5)$$

где
$$\ell_k(h) = \frac{(h-h_1)\dots(h-h_{k-1})(h-h_{k+1})\dots(h-h_n)}{(h_k-h_1)\dots(h_k-h_{k-1})(h_k-h_{k+1})\dots(h_k-h_n)}.$$

2. Весовые коэффициенты принимаются одинаковыми и равными $\frac{H}{n}$, а узлы h_k выбираются из условия максимальной возможной точности (формулы типа Чебышева).

3. Точки измерения скоростей потока h_k на вертикали и коэффициенты A_k могут изменяться произвольно (формулы типа Гаусса).

Изложим в последовательном порядке метод конструирования упомянутых формул, начав с простейшего случая измерения скоростей в двух точках на вертикали $n = 2$, полагая для простоты глубину вертикали $H = 1$:

а) пусть точки измерения скоростей фиксированы и составляют $h_1 = 0,2$; $h_2 = 0,8$. Тогда использование формулы Ньютона-Котеса (5) дает

$$A_1 = \int_0^1 \frac{h-0,8}{0,2-0,8} dh = \frac{1}{2},$$

$$A_2 = \int_0^1 \frac{h-0,2}{0,8-0,2} dh = \frac{1}{2}$$

и таким образом, оптимальная двухточечная формула с за-

крепленными узлами имеет вид

$$V_{cp} = \frac{H}{2} (V_{aen} + V_{aen}) \quad , \text{ т.е. совпадает с}$$

формулой практической гидрометрии.

Формулы Чебышева и Гаусса, отвечающие $n = 2$, одинаковы и как известно из литературы [7] могут быть записаны в виде

$$V_{cp}^{(2)} = V_{cp}^{(r)} = \frac{H}{2} [V_{a,782H} + V_{a,218H}] \quad (6)$$

(формула пересчитана на интервал 0-1).

С практической точки зрения неудобство применения формул (6), Гаусса и Чебышева может быть вызвано необходимостью производить измерение скоростей в "неудобных" точках вертикали. Однако этот недостаток может быть устранен путем округления, которое в рассматриваемом случае дает

$$V_{cp}^{(2)} = V_{cp}^{(r)} = \frac{1}{2} [V_{0,78H} + V_{0,22H}]$$

Таким образом, эмпирическая двухточечная формула совпадает с полученными нами теоретическим путем оптимальными формулами для определения средней скорости на вертикали, что и обуславливает ее высокую эффективность и большую популярность в гидрометрической практике.

Рассмотрим трехточечные формулы для $n = 3$:

б) пусть сначала местоположения точек измерения скоростей на вертикали заданы значениями $h_1 = 0,2$; $h_2 = 0,6$; $h_3 = 0,8$. Тогда весовые коэффициенты, определенные по методу Ньютона-Котеса, будут равны

$$A_1 = \int_0^1 \frac{(h-0,6)(h-0,8)}{(0,2-0,6)(0,2-0,8)} dh = \frac{17}{36},$$

$$A_2 = \int_0^1 \frac{(h-0,2)(h-0,8)}{(0,6-0,2)(0,6-0,8)} dh = \frac{1}{12},$$

$$A_3 = \int_0^1 \frac{(h-0,2)(h-0,6)}{(0,8-0,2)(0,8-0,6)} dh = \frac{4}{9},$$

и соответствующая трехточечная формула запишется в виде

$$V_{cp}^{(H-K)} = \frac{1}{36} [17V_{0,2H} + 3V_{0,6H} + 16V_{0,8H}]. \quad (7)$$

Но полученная нами оптимальная трехточечная формула (7) значительно отличается от формулы практической гидрометрии, где коэффициенты при $V_{0,2H}$, $V_{0,6H}$, $V_{0,8H}$ соответственно равны $1/4$, $1/2$, $1/4$ (см. таблицу). Значит для того, чтобы использование трех измеренных значений скорости в определенных точках вертикали имело эффект в смысле повышения точности формулы, значение $V_{0,6H}$ следует брать с небольшим весом.

Поскольку в формуле (7) не проводили округления весовых коэффициентов (а полученная формула дает абсолютно верный результат, если функция распределения скорости $V(\tilde{h})$ описывается параболой 2-го порядка) формула (7) должна обеспечивать лучшую точность, чем двухточечная (3) и эмпирическая трехточечная формулы (4).

Использование классических формул Гаусса и Чебышева (при $n = 3$) после округлений дает

$$V_{cp}^{(r)} = \frac{1}{3} [V_{0,35H} + V_{0,5H} + V_{0,15H}], \quad (8)$$

$$V_{cp}^{(r)} = \frac{1}{18} [5V_{0,9H} + 8V_{0,5H} + 5V_{0,1H}]. \quad (9)$$

Интересно отметить, что формула (8) совпадает с эмпирической, которая рекомендована [2,6] для определения средней скорости потока.

Рассмотрим конструирование пятиточечных формул ($n = 5$):

в) со случая фиксированных точек измерения скоростей:

$$h_1 = 0; \quad h_2 = 0,2; \quad h_3 = 0,6; \quad h_4 = 0,8; \quad h_5 = 1.$$

Применение формул Ньютона-Котеса приводит к следующим выражениям для весовых коэффициентов

$$A_1 = \int_0^1 \frac{(h-0,2)(h-0,6)(h-0,8)(h-1)}{(-0,2)(-0,6)(-0,8)(-1)} dh = \frac{1}{0,096} \int_0^1 (h-0,2)(h-0,6) \cdot (h-0,8)(h-1) dh. \quad (9, a)$$

Вычисление интеграла в правой части равенства (9, a) облегчается использованием формул Виетта, которое в рассматриваемом случае дает

$$A_1 = \frac{1}{0,096} \int_0^1 [h^4 - (0,2+0,6+0,8+1)h^3 - (0,2 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 1 + 0,6 \cdot 0,8 + 0,6 \cdot 1 + 0,8 \cdot 1)h^2 - (0,2 \cdot 0,6 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 0,6 \cdot 1 + 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1)h + 0,2 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,0] dh = 0,048542.$$

В аналогичном порядке вычисляем

$$A_2 = \int_0^1 \frac{h(h-0,6)(h-0,8)(h-1)}{0,2(0,2-0,6)(0,2-0,8)(0,2-1)} dh = 0,347396;$$

$$A_3 = \int_0^1 \frac{h(h-0,2)(h-0,8)(h-1)}{0,6(0,6-0,2)(0,6-0,8)(0,6-1)} dh = 0,347396;$$

$$A_4 = \int_0^1 \frac{h(h-0,2)(h-0,6)(h-1)}{0,8(0,8-0,2)(1-0,6)(1-0,8)} dh = 0,173609;$$

$$A_5 = \int_0^1 \frac{h(h-0,2)(h-0,6)(h-0,8)}{1(1-0,2)(1-0,6)(1-0,8)} dh = 0,083333.$$

В данном случае весовые коэффициенты A_k вычислены с большим количеством верных знаков, что связано со стремлением сохранить значительную точность формулы. С другой стороны, в практике эксплуатационной гидрометрии вычисления с многозначными (5-6-значными) числами представляют затруднения, не всегда оправданные соображениями точности.

Поэтому важно найти приемлемое решение, обеспечивающее упрощение формулы с сохранением достаточной точности результатов.

В рассматриваемом случае целесообразно сохранить для коэффициентов A_k три верных знака и, следовательно, скорректированная пятиточечная формула Ньютона-Котеса будет иметь вид

$$V_{cp}^{(H-K)} = 0,050V_{\text{пог}} + 0,347(V_{0,2H} + V_{0,6H}) + 0,174V_{0,3H} + 0,085V_{0,9H}. \quad (10)$$

Метод квадратур Чебышева и Гаусса при $n = 5$ после соответствующих округлений приводит к формулам

$$V_{cp}^{(2)} = \frac{1}{5} [V_{0,02H} + V_{0,3H} + V_{0,7H} + V_{0,5H} + V_{0,98H}], \quad (11)$$

$$V_{cp}^{(3)} = 0,12 [V_{0,005H} + 2V_{0,25H} + \frac{7}{3}V_{0,5H} + 2V_{0,75H} + V_{0,95H}]. \quad (12)$$

Таким образом, нами получены различные теоретические формулы, позволяющие определить среднюю скорость на вертикали по отдельным измеренным скоростям (см. таблицу). Однако для того, чтобы можно было отдать предпочтение какой-либо из полученных формул, необходимо провести их сравнительный анализ и сопоставить с известными эмпирическими формулами, учитывая удовлетворение требований по точности.

Так как полученные нами формулы дают точный результат при годографе скорости, описываемом полиномиальной зависимостью, для оценки погрешности может быть использован аппарат асимптотических полиномов [9]. Суть предлагаемого метода оценки состоит в том, что погрешность той или иной точечной формулы представляется в виде разложения

в ряд по параметрам асимптотических полиномов вида

$$R_n = \frac{1}{H} \int_0^H V(h) dh - \sum_k A_k V(h_k) = c_0 L_0(V) + c_1 L_1(V) + c_2 L_2(V) + \dots \quad (13)$$

Причем, поскольку величины $L_n(V)$, как показали многочисленные примеры, быстро убывают с ростом номера n , для получения практически приемлемой оценки достаточно ограничиться несколькими (обычно 1-2) членами разложения (13).

В формуле (13) параметры $L_n(V)$ определяются с помощью соотношений

$$L_0(V) = \frac{1}{2} [V_{\text{пов}} - V_{\text{дна}}], \quad (14)$$

$$L_1(V) = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} V_{\text{пов}} - V_{0,5H} + \frac{1}{2} V_{\text{дна}} \right], \quad (15)$$

$$L_2(V) = \frac{1}{4} \left[\frac{1}{2} V_{\text{пов}} - V_{0,25H} + V_{0,5H} - \frac{1}{2} V_{\text{дна}} \right], \quad (16)$$

а коэффициенты c_0, c_1, c_2 не зависят от вида подынтегральной функции $V(h)$ и могут быть заранее вычислены для конкретных точечных формул.

Проиллюстрируем на нескольких примерах способ вычисления коэффициентов c_n .

Рассматривая, например, двухточечную формулу (3), замечаем, что если $V(h)$ — произвольный полином первой степени, то величина погрешности R_2 равна нулю и, следовательно, коэффициент $c_2 = 0$.

Далее, для определения c_2 необходимо подсчитать погрешность формулы (3) в предположении, что $V(h)$ совпадает с полиномом Чебышева второй степени

$$T_2(h) = 2(2h-1)^2 - 1 = 8h^2 - 8h + 1,$$

(приведенным к отрезку $[0,1]$), т.е.

$$\begin{aligned} C_2 &= \int_0^1 (8h^2 - 8h + 1) dh - \frac{1}{2} [8 \cdot 0,2^2 - 8 \cdot 0,2 + 1 + 8 \cdot 0,8^2 - 8 \cdot 0,8 + 1] = \\ &= \int_0^1 8h^2 \cdot dh - \frac{1}{2} \cdot 8 [0,2^2 + 0,8^2] = -0,053. \end{aligned}$$

Ввиду симметрии двухточечной формулы, коэффициент C_3 равен нулю, в чем можно убедиться непосредственной проверкой и, таким образом, представление для погрешности рассматриваемой формулы имеет вид

$$R_2 \approx -0,053 L_1(V). \quad (17)$$

В качестве другого примера рассмотрим эмпирическую трехточечную формулу (4), которая, как уже ранее отмечали, показывает неудовлетворительное совпадение с практическими данными.

Проводя вычисления, аналогичные предыдущим, получим

$$C_1 = \int_0^1 T_1(h) dh - \frac{1}{4} [T_1(0,2) + 2T_1(0,6) + T_1(0,8)]$$

и так как $T_1(h) = 2h - 1$, то

$$C_1 = \int_0^1 2h dh - 1/4 [2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,8] = -0,1.$$

Далее

$$\begin{aligned} C_2 &= \int_0^1 T_2(h) dh - \frac{1}{4} [T_2(0,2) + 2T_2(0,6) + T_2(0,8)] = \\ &= 8 \left[\int_0^1 h^2 dh - \frac{1}{4} (0,2^2 + 2 \cdot 0,6^2 + 0,8^2) \right] = 0,267. \end{aligned}$$

Таким образом, остаточный член эмпирической трехточечной формулы может быть с удовлетворительной точностью представлен в виде

$$R_3 \approx -0,1 L_0 + 0,267 L_1. \quad (18)$$

В таком же порядке находятся коэффициенты C_k в разложении погрешностей для других точечных формул. Соответствующие выражения для остаточных членов так же, как и сами

формулы приведены в таблице. Для одноточечной формулы (2) остаточный член, который не приводится в таблице, равен

$$R \approx -0,2 Z_0 + 0,587 Z_1 \quad (19)$$

Полученные выражения для определения погрешностей вычисления средней скорости по эюре скоростей потока дали возможность провести сравнительный анализ различных точечных формул с точки зрения возможного достижения точности. В результате этого анализа получены следующие практические рекомендации.

Для двухточечных замеров $n = 2$ полученные теоретическим путем оптимальные формулы совпадают с двухточечной формулой практической гидрометрии; этим, по-видимому, объясняется ее высокая эффективность и популярность в эксплуатационной гидрометрии.

Эмпирическая трехточечная формула (4) неудачна по конструкции: весовой коэффициент, отвечающий значению скорости в средней точке вдвое превосходит соответствующие коэффициенты для крайних узлов, что приводит к значительным ошибкам, в несколько раз превосходящим погрешность двухточечной и других, рассмотренных нами, точечных формул. Поэтому нецелесообразность ее практического применения очевидна. Предлагается использовать для практических расчетов трехточечную формулу типа Ньютона-Котеса, которая, хотя и несколько сложнее эмпирической, тем не менее обеспечивает высокую точность (превосходящую точность двухточечной формулы)

Можно также рекомендовать к использованию при $n = 3$ формулу типа Чебышева, которая, хотя и несколько уступает формуле Ньютона-Котеса по точности, но значительно проще ее.

Применение многоточечных формул в эксплуатационной гидрометрии малоцелесообразно, поскольку заметное (по сравнению с оптимальными двух- и трехточечными формулами) повышение точности может быть достигнуто лишь ценой значительных конструктивных усложнений и увеличением трудоемкости работ [4, 5].

Таблица

Точечные формулы определения средней скорости на вертикали

Вид формулы	$n = 2$		$n = 3$		$n = 5$	
	выражение для $V_{\text{ср}}$	остаточный член	выражение для $V_{\text{ср}}$	остаточный член	выражение для $V_{\text{ср}}$	остаточный член
формулы практической гидрометрии	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{2}(V_{\text{ден}} + V_{\text{ноч}})$	$R = -0.053 L_1$	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{3}(V_{\text{ден}} + 2V_{\text{ноч}} + V_{\text{зв}})$ $+ V_{\text{аэри}} (V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.1 L_0 + 0.067 L_1$	$V_{\text{ср}} = 0.4 V_{\text{ден}} + 0.5 V_{\text{ноч}} + 0.1 V_{\text{зв}} + 0.1 V_{\text{аэри}} (V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.117 L_1$
оптимальные формулы с фиксированными узлами (типа Ньютона-Котеса)	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{2}(V_{\text{ден}} + V_{\text{ноч}})$	$R = -0.053 L_1$	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{36}(17V_{\text{ден}} + 3V_{\text{ноч}} + 16V_{\text{аэри}})$	$R = -0.0133 L_1$ $R = -0.0014 L_2$	$V_{\text{ср}} = 0.050 V_{\text{ден}} + 0.174 V_{\text{ноч}} + 0.083 V_{\text{аэри}} (V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.00440 L_1$
с одинаковыми весовыми коэффициентами (типа Чебышева)	$V_{\text{ср}} = \frac{2}{3}(V_{\text{ден}} + V_{\text{ноч}})$	$R = -0.053 L_1$	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{3}(V_{\text{ден}} + V_{\text{ноч}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.0133 L_1$	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{5}(V_{\text{ден}} + V_{\text{ноч}} + V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.0253 L_1$
с переменными узлами и весовыми коэффициентами (типа Гаусса)	$V_{\text{ср}} = \frac{2}{3}(V_{\text{ден}} + V_{\text{ноч}})$	$R = -0.053 L_1$	$V_{\text{ср}} = \frac{1}{18}[5V_{\text{ден}} + 8V_{\text{ноч}} + V_{\text{аэри}}]$ $+ 5V_{\text{аэри}} (V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.044 L_1$	$V_{\text{ср}} = 0.4 V_{\text{ден}} + 0.5 V_{\text{ноч}} + 0.1 V_{\text{зв}} + 0.1 V_{\text{аэри}} (V_{\text{аэри}} + V_{\text{аэри}})$	$R = -0.0766 L_1$

При необходимости можно рекомендовать формулу типа Ньютона-Котеса с сохранением трех знаков в весовых коэффициентах. Известная пятиточечная формула, рекомендуемая в литературе [2,6] для практики гидрометрических служб менее точная, поскольку она, как видно из сопоставления выражений для погрешности по точности (см. таблицу), уступает оптимальным трех- и двухточечным формулам.

Рассмотренные в статье оптимальные точечные формулы применимы при "правильных выпуклых эпюрах скоростей".

ЛИТЕРАТУРА

1. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений, Физматгиз, М., 1963.
2. Железняков Г.В., Данилевич Б.Б. Точность гидрометрических измерений и расчетов, Гидрометеиздат, Л., 1966.
3. Железняков Г.В. Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии, Изд-во АН СССР, М., 1950.
4. Кирста Б.Т. Применение измерения скоростей в 2-х точках на вертикали при неправильных эпюрах скоростей на реке Аму-Дарье, "Метеорология и гидрология", 1951, № 9.
5. Мирон Б.М., Брутян Л.М. Применение математических методов при исследовании вопросов точности контроля в мелиорации. Тезисы докладов на совещании по применению математических методов и ЭВМ в мелиорации и водном хозяйстве в г.Ереване, М., 1969.
6. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, Гидрометеиздат, вып.6, ч.1, 1957; вып.6, ч.3, 1958; вып.7, ч.1, 1957.
7. Никольский С.М. Квадратурные формулы, Физматгиз, М., 1968.
8. Огневский А.В. Гидрометрия и производство гидрометрических работ, ОНТИ-НКТП-СССР, М., 1937.
9. Этерман И.И. Аппроксимация полиномами и решение некоторых задач прикладной математики, Изд-во Пензенского политехнического ин-та, 1960.
10. Ярцев В.Н. Эксплуатационная гидрометрия, Сельхозгиз, М., 1951.

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
И СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ
(на примере Ферганского ОУОС)

Одна из основных задач анализа работы гидромелиоративных систем — установление степени использования имеющейся производственной базы, т.е. водных, земельных ресурсов и производственных основных фондов.

Использование гидромелиоративной системой водных ресурсов следует рассматривать в двух аспектах: степень использования системой стока источников орошения и степень обеспечения оросительной водой хозяйств-водопользователей.

Оперативный документ, на основании которого производится забор воды из источников орошения, ее транспортирование, распределение и подача хозяйствам-водопользователям, — системный план водопользования. Соблюдение данного плана — задача, которой подчиняется вся производственная деятельность управлений оросительных систем.

Забор воды из источников орошения зависит от ряда факторов: а) характера источников и их водоносности; б) обеспеченности пропускной способности головных сооружений; в) организации работ при незарегулированном стоке источников орошения (регулирующие, защитные работы и др.); г) обеспечения пропускной способности оросительной системы в целом.

Оросительные системы ФергОУОС являются недостаточно водообеспеченными и периодически страдают от маловодья, особенно в критический вегетационный период.

Все проводимые ФергОУОС работы по повышению водообеспеченности следует разделить на два направления: мероприятия по улучшению использования стока источников орошения и по борьбе с потерями воды в оросительной сети во время ее транспортирования и распределения.

Для улучшения использования стока источников орошения за последние годы ФергОУОС проведены большие работы: 1) по-

строен ряд каналов-перебросов, закольцевавших источники орошения в единую систему, давшую возможность уравнивать водообеспеченность всех систем, независимо от того, к какому источнику они подвешены; 2) проведена реконструкция Большого Ферганского канала, в результате которой пропускная способность его на границе Ферганской области достигла $75 \text{ м}^3/\text{сек}$; 3) построены Фрунзенская и Читанакская насосные станции на р.Сырдарья, 5 крупных станций на БФК -- с общей производительностью $63,1 \text{ м}^3/\text{сек}$. Эти станции в 1968 г. подали $179,0 \text{ млн. м}^3$ воды на орошаемую площадь $25,6 \text{ тыс. га}$; 4) построены крупные инженерные гидротехнические сооружения: Кокандский гидроузел на р.Сох, Исфаринский подпитывающий канал, Янгисайский гидроузел на Беш-Алышсае и др.; 5) завершено строительство Каркиданского водохранилища на р.Кувасай, что позволило уже в 1968 г. получить дополнительно 162 млн. м^3 оросительной воды; 6) осуществлено бурение 414 артезианских скважин по отбору на орошение почти $4,0 \text{ м}^3/\text{сек}$ подземных вод и т.д.

В результате, объем забора воды из источников орошения был доведен, млрд. м^3 : в 1966 г. -- до 4,5; в 1968 г. -- до 4,4, против 2,9-3,3 -- в 1954-1957 гг.; 3,7-3,9 -- в 1958-1962 гг.

Наиболее ответственный период работы оросительных систем по забору воды из источников орошения -- вегетационный (апрель-октябрь), когда особенно ощущается потребность в выполнении плановых заданий по водозабору.

Анализ многолетних данных ФергОУОС по характеристике вегетационного забора воды из источников орошения показывает, что имеет место постоянный рост объемов забора воды в этот период, например, в 1966-1968 гг. $3,2 \text{ млрд. м}^3$ против 2,2 -- в 1954 г.

Увеличение объемов годового и вегетационного водозаборов при менее значительных колебаниях стока источников орошения является прямым результатом улучшения использования водных ресурсов.

Коэффициент использования годового стока источников орошения, постоянно увеличиваясь, достиг в последние годы значения 0,90 против 0,67 в 1954 г.; а коэффициент использования вегетационного стока соответственно 0,90-0,93 против 0,68. Улучшение использования стока источников орошения и рост объемов водозабора в системе ФергУОС наглядно видны при анализе соответствующих показателей в годы различной водоносности источников (табл. I).

Повышение коэффициентов использования стока источников орошения позволило в маловодные годы осуществить годовой и вегетационный водозаборы в объемах, равных водозабору из источников в предыдущие многоводные годы.

Улучшение использования водных ресурсов прежде всего преследует цель создания условий, при которых рост орошаемых площадей происходит при одновременном повышении водообеспеченности существующих земель до соответствия водопдачи оптимальным оросительным нормам (брутто). Особенно остро это ощущается на системах с низкой водообеспеченностью, на которых соблюдение указанных условий предполагает более быстрый рост объемов водозабора по сравнению с увеличением орошаемых площадей (табл. 2).

Приведенные данные показывают, что в целом по ФергУОС рост объемов водозабора как годового, так и вегетационного в значительной мере опережает рост ирригационно подготовленных земель. Если объем годового водозабора в 1968 г. составил 133,3%, а вегетационного - 145,4% к соответствующим показателям 1954 г., то площадь ирригационно подготовленных земель возросла только на 10,7%. Такое соотношение позволило не только сохранить удельный размер водозабора на 1 га на прежнем уровне, но и значительно увеличить его, приблизив к оптимальному.

Удельный объем годового водозабора в 1968 г. составил 15,4 тыс.м³/га или 120,3% к уровню 1954 г., а удельный объем забора воды за вегетационный период соответственно 11,2 тыс.м³/га или 131,4%.

Несмотря на проведение мероприятий и значительное улучшение использования водных ресурсов, водообеспеченность

Таблица I

Характеристика использования стока источников
орошения и объемов водозабора фергано-
в в годы разной водности

Показатель	: Многоводные годы : Маловодные годы				
	: 1958 :	1959 :	1960 :	1961 :	1962 : 1965
Коэффициент использования годового стока источников орошения	0,75	0,76	0,78	0,86	0,83 0,90
Объем годового водозабора из источников орошения, млрд.м ³	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8 3,9
Коэффициент использования вегетационного стока источников орошения	0,80	0,80	0,80	0,90	0,84 0,90
Объем вегетационного забора из источников орошения, млрд.м ³	2,6	2,7	2,7	2,7	2,6 2,6

подкомандных ФергУОС земель до настоящего времени продолжает оставаться недостаточной.

Вследствие низкой водообеспеченности в периоды острого маловодья для орошения используются коллекторно-дренажные воды, которые перекачиваются насосными установками в оросительную сеть и подаются на поля орошения. Это отрицательно сказывается на мелиоративном состоянии орошаемых земель. В хозяйствах области установлено свыше 600 насосных установок, помимо которых вода из коллекторно-дренажной сети забирается при помощи временных перемычек-туганов.

После организации забора воды из источников орошения, важнейшей функцией УОС является транспортирование, распределение и доведение воды до хозяйств-водопользователей.

Если объем водозабора из источников орошения зависит от водоносности источников и в равной степени от состояния и качества работы системы, то объем водоподачи в хозяйства находится в прямой зависимости от состояния и работы самой оросительной системы, т.е. от размеров потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов.

В результате применения антифильтрационных одежд (бетонировка магистральных каналов), повышения уровня технической оснащенности оросительной сети и соответствующего упорядочения распределения и подачи воды, а также улучшения организации и производства ремонтных и очистительных работ ФергУОС удалось значительно снизить потери воды на фильтрацию.

Если в первые годы анализируемого периода (1954-1957 гг.) потери воды из оросительной сети составляли 1,0-1,1 млрд.м³ или 30-33% от объема водозабора из источников, то в последующие годы потери уменьшились до 0,6-0,7 млрд.м³, а удельный вес потерь от объема водозабора сократился до 15-16%. Средний к.п.д. оросительных систем ФергУОС к 1966-1968 гг. достиг значения 0,82-0,85 против 0,66-0,70 в предыдущие годы. В целом для работы оросительных систем сокращение потерь воды на фильтрацию из каналов и соответствующий рост к.п.д. имеют существенное экономическое значение.

Увеличение к.п.д. систем ФергУОС с 0,84 до 0,85 при водозаборе в 1968 г. в объеме 4,4 млрд.м³ позволило бы дополнительно подать хозяйствам 44,0 млн.м³ оросительной воды, которой при фактическом объеме годовой водоподачи 13 тыс.м³/га можно было бы оросить дополнительно 3,4 тыс.га.

При средней продуктивности орошаемой площади в размере 883 руб/га дополнительный доход сельскохозяйственных предприятий составил бы 3,0 млн.руб.

Повышение к.п.д., наряду с ростом объемов водозабора из источников орошения, позволило ФергУОС постоянно увеличивать объемы водоподачи хозяйствам-водопользователям: объем годовой водоподачи в точках выдела хозяйствам составил: в 1954-1957 гг. - 2,2-2,3 млрд.м³; 1960 г. - 3,2; 1966-1968 гг. - 3,7-3,8.

Еще более значителен рост объемов водоподачи хозяйствам за вегетационный период: в 1954 г. - 1,5 млрд.м³; 1960 г. - 2,2; 1968 г. - 2,7.

Приведенные данные характеризуют общие размеры водоподачи в точках выдела хозяйствам-водопользователям.

Для оценки работы ФергУОС по обеспечению обслуживаемых хозяйств оросительной водой необходимо установить размеры удельной водоподачи с корректировкой на имевший место прирост орошаемых земель. В табл.3 приведены данные, характеризующие соотношение роста объемов водоподачи, площади орошаемых земель и значений к.п.д. Значительный рост годового объема водоподачи (172% в 1966 г. и 168,2% в 1968 г. против 1954 г.) и объема водоподачи за вегетационный период (186,7% в 1966 г. и 180,0% в 1968 г. против 1954 г.) при более замедленных темпах увеличения площади орошаемых земель позволил ФергУОС, постоянно повышая удельный объем водоподачи довести к 1968 г. годовой объем до 13,0 тыс.м³/га, а вегетационный - до 9,5 тыс.м³/га против соответствующих объемов 8,5 тыс.м³/га и 5,8 тыс.м³/га - в 1954 г.

Важным условием для Ферганской области, значительная часть орошаемых земель которой находится в мелиоративно-неблагополучном состоянии, является обеспечение водоподачи

Таблица 3

Динамика изменения общих и удельных объемов
водоподачи, площади орошаемых земель
и к.п.д. системы в целом

Показатель	Год				
	1954	1958	1960	1963	1968
Объем годовой водоподачи в точках выдела хозяйствам, млрд.м ³	2,2	3,0	3,2	3,5	3,7
Объем водоподачи в точках выдела хозяйствам за вегетационный пе- риод, млрд.м ³	1,5	2,1	2,2	2,4	2,7
Площадь фактически орошаемых зе- мель, тыс.га	252,6	269,1	268,1	294,6	302,5
Удельный объем годовой водоподачи на 1 га орошаемых земель, тыс.м ³ /га	8,5	11,0	11,6	11,9	12,5
Удельный объем водоподачи за веге- тационный период на 1 га орошаемых земель, тыс.м ³ /га	5,8	7,9	7,7	8,1	9,5
К.п.д. системы	0,66	0,80	0,82	0,83	0,85
					0,84

хозяйствам-водопользователям в невегетационный осенне-зимний период, для проведения промывных и влагозарядковых поливов.

Мероприятия, осуществленные ФергОУОС по улучшению использования водных ресурсов и борьбе с потерями воды из каналов, позволили, наряду с ростом объемов вегетационной водоподачи, обеспечить и увеличение водоподачи хозяйствам в невегетационный период, доведя ее объем в последние годы до 1,0-1,1 млрд.м³ против 0,7 - в 1954 г.

Приведенные показатели степени использования водных ресурсов характеризуют работу ФергОУОС в целом.

Интерес представляет характеристика использования водных ресурсов по отдельным эксплуатационным звеньям ФергОУОС (табл.4). Данные табл.4 показывают, что по отдельным эксплуатационным звеньям ФергОУОС имеют место значительные отклонения от средних показателей удельных объемов водоподачи и к.п.д.

Так, годовой объем водоподачи хозяйствам-водопользователям по РайУОС колеблется в пределах 10,6-14,2 тыс.м³/га; объем водоподачи за вегетационный период изменяется от 7,8 до 10,4 тыс.м³/га и за невегетационный период - от 2,8 до 4,3. Различны также значения к.п.д. межхозяйственной сети: от 0,81 до 0,92 в годовом разрезе и 0,81-0,93 - за вегетационный период.

Значительные колебания удельных объемов водоподачи хозяйствам по отдельным эксплуатационным звеньям ФергОУОС показывают, что до настоящего времени имеются различия в условиях, необходимых для равной водообеспеченности подкомандных орошаемых земель. Проведенный анализ характеризует фактическое положение с использованием потенциальных водных ресурсов, которыми располагает ФергОУОС.

Следует отметить, что, несмотря на значительное улучшение показателей работы оросительных систем Управления по забору воды из источников орошения и водоподаче хозяйствам-водопользователям, имеет место систематическое невыполнение плановых предположений. Так, например, в 1968 г. план водозабора РайУОСами выполнен в среднем на 92,0% с колебаниями по отдельным районам от 76,0 до 107,0%.

Таблица 4.

Удельные размеры водоподачи и к.п.д. оросительной
сети по эксплуатационным звеньям фергусов за 1968 г.

Районное управле- ние оросительных систем (руос)	Удельный	Удельный	Удельный	Удельный	Годовой	К.п.д. меж-
	объем годо-	объем водо-	объем водо-	объем водо-	к.п.д. меж-	хозяйств.
	вой водопо-	подачи хо-	подачи хо-	подачи хо-	к.п.д. меж-	сети за ве-
	дачи хо-	зяйств. в ве-	зяйств. в ве-	зяйств. в ве-	хозяйств. в ве-	гетационный
	зяйств., тыс. м ³ /га	гетацион. пе- риод, тыс. м ³ /га	риод, тыс. м ³ /га	риод, тыс. м ³ /га	ной сети	период
Алтынарское	13,2	9,3	3,9	0,83	0,81	
Ахунбабаевское	12,3	8,4	3,9	0,87	0,88	
Багдадское	14,2	10,4	3,8	0,90	0,90	
Кировское	13,7	9,4	4,3	0,91	0,91	
Кувинское	10,6	7,8	2,8	0,90	0,90	
Ленинградское	13,1	9,0	4,1	0,81	0,81	
Римтанское	13,5	10,1	3,4	0,90	0,94	
Узбекистанское	13,7	10,1	3,6	0,81	0,81	
Ферганское	13,6	2,5	4,1	0,92	0,93	

Имело также место невыполнение плана водоподачи хозяйствам в целом по области на 9%, а по отдельным районам — до 22.

Наряду с организацией забора и подачи воды хозяйствам-водопользователям степень использования водных ресурсов системы в значительной степени предопределяется использованием воды во внутрихозяйственной сети в качестве средства повышения плодородия почвы.

Изучение фактического положения показало, что именно здесь, во внутрихозяйственной сети имеют место большие потери воды на фильтрацию, низкий к.п.д. оросительной сети и коэффициент использования воды (к.и.в.). Так, в 1968 г. план поливов сельхозкультур в целом выполнен на 74,0%, план поливов хлопчатника — на 72,0, а к.и.в. в среднем по области составил 0,82 с колебаниями по отдельным районам от 0,65 до 0,94.

В результате при плане 2,5 млн. га поливов фактическое выполнение составило 1,8. Проведенные расчеты показали, что водой, поданной системой хозяйствам-водопользователям при повышении к.п.д. внутрихозяйственной сети и улучшении использования оросительной воды, можно было полностью обеспечить выполнение плана поливов.

Особенно остро стоит вопрос об использовании хозяйствами поданной им воды в условиях мелиоративного неблагоприятия орошаемых земель. Как правило хозяйства-водопользователи, работающие на засоленных землях, потребляют большее количество воды для проведения промывных поливов. Зачастую более высокий уровень забора воды хозяйствами не сопровождается увеличением размера продукции сельского хозяйства, в результате чего продуктивность оросительной воды снижается (табл.5).

По ФергУОС при среднем объеме удельной водоподачи 12,5 тыс.м³/га, более высокое водопотребление (13,7 тыс.м³) имеет место в районах со значительным удельным весом засоленных земель (75,2 и 61,1%).

В то же время урожайность хлопка-сырца в хозяйствах, обслуживаемых Кировским и Узбекистанским РайУОС (23,2 и

24,4 ц/га) ниже среднеобластной урожайности и урожайности в хозяйствах Кувинского района, где водопотребление на 1 га составило всего 10,6 тыс.м³. Указанное обстоятельство привело к тому, что по Кировскому и Узбекистанскому районам удельное водопотребление 1 ц хлопка-сырца было значительно выше (590 и 565 м³/ц), чем по Кувинскому району (414 м³/ц) и в среднем по области (488 м³/ц).

Соответственно и продуктивность полученной хозяйствами оросительной воды значительно выше по Кувинскому району - 2,41 ц/тыс.м³, против 1,70 и 1,77 - по Кировскому и Узбекистанскому районам.

Низкое использование оросительной воды хозяйствами-водопользователями приводит к необходимости увеличения объемов подаваемой им воды, что в свою очередь приводит к более напряженному режиму работы оросительных систем ФергОВОС и вызывает потребность в изыскании дополнительных водных ресурсов.

Общее улучшение использования водных ресурсов ФергОВОС зависит как от осуществления мероприятий по изысканию дополнительных источников пополнения дефицита воды и осуществления режима экономии воды во время ее транспортирования и распределения по межрайонной и межхозяйственным сетям, так и от улучшения использования воды во внутрихозяйственной оросительной сети.

В свою очередь использование водных ресурсов гидромелиоративных систем в значительной мере предопределяет использование подкомандного земельного фонда.

Анализ работы ФергОВОС показал, что ежегодно происходит увеличение площади земель с оросительной сетью. Но из-за недостаточной водообеспеченности подкомандных земель, неисправности оросительной сети и других причин часть земель с оросительной сетью ежегодно остается ирригационно неподготовленной: в 1954 г. - 4,7 тыс.га; 1958 г. - 4,2; 1963 г. - 3,6; 1966 г. - 1,7 и 1968 г. - 2,4.

Вместе с тем использование земель с оросительной сетью по ФергОВОС значительно выше соответствующих показателей в целом по СССР (80,5%) и по УзССР (87,5%) /4/.

Ирригационно-подготовленная площадь представляет собой орошаемые земли, потенциально подготовленные системой для сельскохозяйственного использования.

Однако и здесь имеют место причины, в силу которых некоторая часть подготовленных земель фактически не орошается. Следует отметить наличие явлений острого засоления почвогрунтов, неисправность оросительной и коллекторно-дренажной сетей; частичный недостаток оросительной воды, а также причины хозяйственного порядка.

Сопоставление степени использования ирригационно-подготовленных ФергОВУОС земель (табл.6) с аналогичными показателями по другим системам показывает, что в отдельные годы анализируемого периода коэффициент использования ирригационно-подготовленных площадей имел значение 0,96-0,99, в то время как в целом по СССР этот показатель имел среднее значение 0,83 /2/; по Вахшскому УОС ТаджССР - 0,88 /I/ и по Ново-Чилийскому УОС КазССР - 0,53 /I/.

Низкий коэффициент использования ирригационно-подготовленных земель - один из наиболее отрицательных показателей работы гидромелиоративных систем.

Так для гидромелиоративных систем ФергОВУОС при ирригационно-подготовленной площади 284,3 тыс.га (1968 г.) уменьшение КЗИ только на 1% приводит к потере орошаемой площади в 2,84 тыс.га.

При средней продуктивности подкомандных орошаемых земель в сумме 883 руб/га указанные потери орошаемой площади приводят к уменьшению валовой продукции сельскохозяйственного производства на сумму 2,5 млн.руб.

Использование земельных ресурсов гидромелиоративных систем при анализе их работы кроме показателей, дающих количественную оценку степени их использования, должно быть охарактеризовано с точки зрения уровня интенсификации орошаемого земледелия.

Как известно районы орошаемого земледелия в СССР резко различаются по составу возделываемых сельскохозяйственных культур и угодий. В орошаемых районах Средней Азии основной

Таблица 6

Использование ирригационно подготовленного земельного
фонда по ФерганауОС

Показатель	Един. измер.	Годы					
		1954	1956	1958	1960	1963	1966 : 1968
Площадь ирригационно подгото- вовленных земель	тыс. га	256,8	267,4	277,2	293,4	301,5	304,0 284,3
	%	100,0	104,1	108,0	114,2	117,4	118,3 110,7
Площадь фактически политых земель	тыс. га	252,6	262,1	269,1	284,5	294,6	302,5 282,7
	%	100,0	104,0	106,5	112,6	116,6	119,8 111,9
Коэффициент использования ирригационно подготовлен- ных земель	-	0,98	0,98	0,96	0,97	0,98	0,99 0,99

Примечание. Уменьшение площади ирригационно подготовленных земель
в 1968 г. произошло в связи с передачей Данского рай-
она из состава Ферганской области в Наманганскую.

сельскохозяйственной культурой является хлопчатник. В отдельных республиках посевы хлопчатника занимают более 1/2 (ТаджССР и ТуркмССР) и доходят до 2/3 всей орошаемой площади (УзССР).

Приводимые ниже данные характеризуют сельскохозяйственное использование орошаемых земель в зоне командования гидромелиоративных систем ФергУОС (1968 г.):

общая площадь орошаемых земель – 282,7 тыс.га, в том числе:

хлопчатник	– 188,3;
зерновые	– 6,2;
люцерна	– 15,4;
рис	– 4,4;
овоще-бахчевые	– 7,6;
сады, виноградники	– 18,3;
приусадебные	– 16,5;
прочие	– 26,0.

В комплексе сельскохозяйственных культур и угодий Ферганской области в 1968 г. посевы ведущей культуры – хлопчатника составили 66,6% всей орошаемой площади.

По отдельным административным районам, обслуживаемым ФергУОС, удельный вес посевов хлопчатника колеблется в пределах 60–72% площади орошаемых земель.

Анализ изменений, происшедших с наличием и использованием орошаемых земель, подкомандных ФергУОС, за длительный период (1954–1968 гг.) показывает, что при общем росте орошаемых земель (с учетом передачи Папского района в состав Наманганской области) на 11,9%, площадь земель, используемых под посевы хлопчатника, увеличилась на 9,5%.

Итак, из 26,1 тыс.га прироста орошаемых земель, 16,3 тыс.га или 62,4% использованы под посевы хлопчатника, культуры, доходность которой в условиях Ферганской области составляет 80–85% от общей доходности сельскохозяйственных предприятий от растениеводства.

Если общий валовой доход сельскохозяйственных предприятий от растениеводства в зоне командования систем ФергУОС в 1968 г. составил 249,8 млн.руб., то доход, полученный от посевов хлопчатника, составил 197,9 млн.руб. или 81%.

Отсюда и различие в продуктивности орошаемых земель, используемых под различные посевы и культуры: с 1 га посевов хлопчатника получен доход в размере 1049 руб., при средней доходности 1 га всей орошаемой площади — 883 руб., а площади, занятой под другие культуры, всего 550 руб/га.

Эффективность использования подкомандных систем орошаемых земель в значительной степени зависит как от их мелиоративного состояния, так и от качественного проведения комплекса мероприятий по борьбе с засолением почво-грунтов. Более 140 тыс.га орошаемых земель в зоне командования систем ФергОУОС — мелиоративно неблагополучны.

В результате снижения урожайности сельскохозяйственных культур на засоленных землях сельскохозяйственные предприятия ежегодно теряют значительные объемы валовой продукции. Расчет потерь валовой продукции и чистого дохода сельскохозяйственного производства по отдельным районам Ферганской области (табл.7) показывает, что на уровне 1968 г. в результате снижения урожайности (по сравнению с передовыми хозяйствами районов) имели место общие потери валовой продукции хлопка-сырца в объеме 56,5 тыс.т, а потери чистого дохода сельскохозяйственных предприятий от реализации хлопка-сырца составили 8,9 млн.руб.

Проведение в течение ряда лет комплекса мелиоративных мероприятий (промывка земель на фоне развития коллекторно-дренажной сети), в значительной степени изменило солевой баланс орошаемых земель Ферганской области: объем стока дренажных вод за последние годы составил 2,0-2,2 млрд.м³ против 1,0-1,6 в первые годы анализируемого периода; объемы вредных солей, выносимых дренажными водами за пределы культурных земель, составляют в среднем 4,0 млн.т, что превышает поступление солей на орошаемые массивы на 0,6-0,9 млн.т. Таким образом, происходит постепенное рассоление орошаемых земель области, которое в свою очередь положительно сказывается на эффективности использования посевных площадей.

Данные табл.8 показывают, что имеет место прямая зависимость между развитием коллекторно-дренажной сети и урожай-

Таблица 7

Потери валовой продукции
и чистого дохода от засоления орошаемых земель Ферганской области
за 1968 г.

Районы	Площадь			Средняя			Площадь			Урожай-			Недобор			Потери хлопко-			Потери чи-		
	земель			урожай-			засолен-			ность			хлопка-			сырца на за-			стого дохода		
	под посе-			ность			ных зе-			хлопка-			сырца на			засолен-			соленых зем-		
	вами хлоп-			хлопчат-			мель под			сырца в			передовых			ных зем-			лях		
	тыс. га	ц/га	тыс. га	тыс. га	ц/га	тыс. га	тыс. га	ц/га	тыс. га	тыс. га	ц/га	тыс. га	тыс. га	ц/га	тыс. га	тыс. га	млн. руб.	тыс. руб.	млн. руб.	тыс. руб.	млн. руб.
Алтыарыкский	19,6	24,0	9,1	29,2	5,2	4,7	1,9	0,7													
Ахунбаевский	28,4	26,0	19,7	30,5	4,5	8,9	3,5	1,4													
Багдадский	11,6	27,5	8,2	31,6	4,1	3,4	1,3	0,5													
Кировский	21,3	23,2	17,8	28,0	4,8	8,0	3,1	1,4													
Кувинский	26,4	25,2	16,7	30,7	5,5	9,2	3,6	1,5													
Ленинградский	30,8	27,9	24,2	32,4	4,5	10,9	4,3	1,6													
Риштанский	13,0	24,5	6,4	28,6	4,1	2,6	1,0	0,4													
Узбекистанский	24,6	24,4	18,0	29,3	4,9	8,8	3,5	1,4													
Ферганский	13,4	20,5	-	-	-	-	-	-													

Таблица 8

Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель
протяженности коллекторно-дренажной сети и урожайности хлопчатника
по районам Ферганской области

Районы	Площадь орошаемых земель, тыс. га		Площадь засоленных земель, тыс. га		Площадь земель, охваченных коллекторно-дренажной сетью, тыс. га		Удельная протяженность сети на 1 га земель, с оросительной сетью, пог. м/га		В том числе		Урожайность хлопчатника, ц/га			
	1961г:	1968г:	1961г:	1968г:	1961г:	1968г:	1961г:	1968г:	межхозяйственная сеть, пог. м/га	внутрихозяйственная сеть, пог. м/га	1961г:	1968г:		
Алтынаркский	38,4	28,1	14,9	10,7	29,5	22,4	20,4	29,8	6,7	10,5	13,7	19,3	20,6	24,0
Ахунбабаевский	39,1	39,5	23,6	23,8	38,2	38,4	23,0	33,0	8,4	14,6	18,7	18,7	20,1	26,0
Багдадский	25,4	16,0	18,2	10,8	17,8	12,8	21,6	33,0	7,8	12,1	13,8	20,9	19,8	27,5
Кировский	30,1	31,6	20,8	21,1	28,6	29,1	32,6	41,2	3,0	5,2	29,6	36,0	12,6	23,2
Кувинский	38,2	39,0	17,7	18,3	35,6	35,3	15,0	19,5	4,7	8,2	10,3	11,3	18,2	25,2
Ленинградский	33,0	41,8	21,4	28,0	26,4	34,0	19,4	26,8	6,9	9,4	12,5	17,4	21,4	27,9
Узбекистанский	31,7	38,6	16,1	20,4	17,7	24,1	15,0	16,7	3,7	5,0	11,3	11,7	14,5	24,4
Ферганский	25,3	25,5	-	-	6,3	6,3	5,8	9,4	1,7	1,7	4,1	7,7	15,9	20,5

ностью ведущей сельскохозяйственной культуры — хлопчатника во всех районах Ферганской области. При незначительном изменении площади засоленных земель и земель, охваченных коллекторно-дренажной сетью (1961–1968 гг.), рост удельной протяженности последней повлек за собой изменение степени засоленности орошаемых земель и как следствие этого значительное повышение урожайности хлопчатника.

В среднем по области урожайность хлопчатника выросла с 18,3 до 25,6 ц/га, а по отдельным районам урожайность увеличилась на 4,2–10,6 ц/га.

Однако, до настоящего времени в зоне командования ФергОУОС имеются отдельные инженерно-мелиоративные районы, находящиеся в тяжелом мелиоративном состоянии, а хозяйства, земли которых расположены в этих районах, получают средние урожаи хлопчатника не выше 10,0–15,0 ц/га. При создавшемся положении еще острее ставится вопрос о необходимости проведения дополнительных инженерно-мелиоративных работ и в первую очередь дальнейшего развития коллекторно-дренажной сети.

Строительство коллекторно-дренажной сети требует больших капиталовложений, размеры которых зависят от вида дренажных устройств. Расчеты специалистов показывают, что даже самые значительные капиталовложения на строительство мелиоративной сети являются высокоэффективными.

По данным Г.В.Еременко /3/, общая площадь западной части Ферганской области, на которой необходимо проведение дополнительных мелиораций, составляет 148,2 тыс.га, в том числе площадь под посевами хлопчатника — 114,5 тыс.га. Для коренного улучшения мелиоративного состояния указанной площади необходимо дополнительно построить 1,3 тыс.км коллекторно-дренажной сети.

В соответствии с проведенным инженерно-мелиоративным районированием рассматривается возможность применения различных вариантов дренажа: открытого, закрытого горизонтального и вертикального.

Произведенные нами экономические расчеты (табл.9) показывают, что дополнительные удельные капиталовложения на 1 га

Таблица 9

Расчет экономической эффективности устройства вариантов дренажной сети в западной части Ферганской области

Показатель	:Открытая :дренажная :сеть			:Закрытая :дренажная :сеть			:Вертикаль- :ный :дренаж		
Удельный размер капиталовложений на 1 га мелиорируемых земель, руб./га	86,0			350,0			235,0		
Площадь мелиоративно-улучшаемых земель, тыс. га	114,5			114,5			114,5		
Объем капиталовложений на мелиоративное улучшение земель, млн. руб.	9,8			40,0			26,9		
Прибыль урожая хлопчатника, ц/га	5,0			5,0			5,0		
Дополнительная продукция хлопка-сырца с мелиоративно-улучшенных земель, тыс. т	57,3			57,3			57,3		
Дополнительный чистый доход с 1 га посевов хлопчатника, руб./га	65,0			65,0			65,0		
Дополнительный чистый доход сельскохозяйственного со всей площади посевов хлопчатника, млн. руб.	7,5			7,5			7,5		
Дополнительный чистый доход государства с учетом налога с оборота 30%, млн. руб.	21,7			21,7			21,7		
Общий дополнительный чистый доход, млн. руб.	29,2			29,2			29,2		
а) на 1 га мелиорируемой площади, руб.	255,0			255,0			255,0		
б) на 1000 руб. капиталовложений, руб.	3000,0			730,0			1081,0		
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений:									
а) по внутрихозяйственному чистому доходу, год	1,3			5,3			3,6		
б) с учетом налога с оборота, год	0,4			1,3			0,9		

мелиорируемой площади составляют по вариантам: 86,0-350,0-235,0 руб/га, а общие капиталовложения 9,8-40,0-26,9 млн.руб. (в соответствии с рекомендуемыми Г.В.Еременко параметрами дренажной сети).

В результате улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель урожайность хлопчатника возрастет в среднем на 5 ц/га, продукция хлопка-сырца с этих земель (II 4,5 тыс.га) увеличится на 57,3 тыс.т, а чистый доход сельскохозяйственных предприятий - на 7,5 млн.руб. Дополнительный чистый доход государства (с учетом налога с оборота 30%) составит 21,7 млн.руб. При этом, если на I га мелиорируемой площади дополнительный чистый доход для всех вариантов равен 255 руб., то доход на I тыс.руб. капиталовложений по различным вариантам составит соответственно 3,0-0,7-1,0 тыс.руб.

Определение срока окупаемости дополнительных капиталовложений показывает, что даже по внутрихозяйственному чистому доходу сроки окупаемости "К" составляют по вариантам: 1,3-5,3-3,6 года, что значительно ниже нормативного значения этого показателя.

Высокая экономическая эффективность мелиорации засоленных земель Западной Ферганы может быть подтверждена следующим расчетом: для получения равной дополнительной продукции в размере 57,3 тыс.т при средней урожайности хлопчатника 25,6 ц/га, необходимо ирригационное и сельскохозяйственное освоение дополнительной площади в размере 22,4 тыс.га.

При удельной стоимости ирригационного строительства 2475,0 руб/га и стоимости сельскохозяйственного строительства и освоения - 2190,0 руб/га, общие удельные затраты на I га новых земель составят 4645,0 руб. /I/, а капиталовложения на дополнительно осваиваемую площадь (22,4 тыс.га) составят 104,0 млн.руб., что значительно превышает размер капиталовложений по самому дорогому варианту дренажной сети (40,0 млн.руб.).

Приведенный пример расчета высокой эффективности капиталовложений в мероприятия по борьбе с засолением орошае-

ных земель подкомандных ФергОУОС дает основание сделать вывод о целесообразности дальнейшего мелиоративного улучшения староорошаемых земель. Особенно важное значение высокая эффективность дополнительных капиталовложений имеет для тех орошаемых районов, где практически использован земельный фонд, а водные ресурсы могут быть пополнены только за счет проведения регулирования стока источников орошения.

Экономически эффективное использование водных и земельных ресурсов в значительной степени предопределяется степенью использования как производственных основных фондов (ПОФ) гидромелиоративных систем, так и фондов сельскохозяйственных предприятий.

Г.Ф.Раскин /4/ пишет, что выполняя специальные функции и играя самостоятельную роль в сельском хозяйстве, производственные основные фонды вместе с тем находятся во взаимодействии и неразрывно связаны между собой в процессе сельскохозяйственного производства.

В силу изложенного автор рекомендует продуктивность совокупных ПОФ (сельскохозяйственных и водохозяйственных) изменять показателем размера валовой продукции сельскохозяйственного производства на 1 га орошаемой площади.

Однако при анализе работы гидромелиоративной системы, как самостоятельного производственного предприятия, продукцией которого является оросительная вода, а выполняемая работа — орошение и мелиорация подкомандных земель, возникает необходимость оценки степени использования ПОФ системы по внутрихозяйственным показателям.

Анализ многолетних данных по ФергОУОС (табл. I0) показывает, что имеет место тенденция к снижению продуктивности ПОФ системы. Так, продуктивность оросительных ПОФ, снижаясь из года в год, составила в 1968 г. по сравнению с 1954 г.: по размерам орошаемой площади — 14,6%; по объему забора воды из источников орошения — 17,6; по объему водоподачи в хозяйства — 22,2.

Таблица 10

Динамика показателей продуктивности ПОФ фергусов

Показатель	Год				
	1954	1958	1960	1963	1966
Площадь орошаемых земель на I тыс.руб. оросительных ПОФ, га/тыс.руб.	50,4	29,0	21,7	11,2	8,7
Площадь мелкоррируемых земель на I тыс.руб. мелиоративных ПОФ, га/тыс.руб.	55,0	45,0	44,9	40,5	30,7
Водозабор из источников на I руб. оросительных ПОФ, м ³ /руб.	660,0	400,0	290,0	160,0	131,0
Водоподача в хозяйстве на I руб. оросительных ПОФ, м ³ /руб.	440,0	303,0	244,3	133,0	109,0
					97,6

Продуктивность мелиоративных ПОФ по размеру мелиорируемых земель также снизилась и составила в 1968 г. 43,4%

по сравнению с 1954 г. Снижение продуктивности ПОФ по внутрипроизводственным показателям объясняется тем, что основная сумма капиталовложений в ПОФ Ферганы за анализируемый период затрачивалась на повышение водообеспеченности староорошаемых земель, техническое перевооружение оросительных систем и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, причем общий рост ПОФ значительно опережал прирост орошаемых и мелиорируемых земель, а также объемы водозабора и водоподачи.

Если стоимость оросительных ПОФ с 1954 по 1968 гг. возросла более, чем в 7 раз, а мелиоративных ПОФ более, чем в 2 раза, то за тот же период орошаемая площадь увеличилась (с имеющимися местами изменениями административных границ командования) на 11,9, водозабор из источников на 33,3 и водоподача в хозяйства на 68,2%, а площадь мелиорируемых земель почти не изменилась.

Выше было отмечено, что ПОФ гидромелиоративных систем неразрывно связаны с сельскохозяйственными фондами, в силу чего окончательную экономическую эффективность их использования рекомендуется определять показателями фондоотдачи через продукцию сельскохозяйственного производства. При этом соответствующему анализу должна быть подвергнута связь между уровнем водообеспеченности орошаемого земледелия совокупными ПОФ и эффективностью их использования.

Для изучения этой связи Г.Ф.Раскин /4/ рекомендует следующие показатели: размер ПОФ на 1 га и на 1 руб. валовой продукции, размер валовой продукции на 1 га и на 1 руб. ПОФ. Здесь же указывается, что изменение размера валовой продукции характеризует только влияние уровня производства на эффективность ПОФ.

Для оценки влияния самих ПОФ на эффективность производства следует установить изменение размера ПОФ на 1 га.

На основании указанных рекомендаций нами проведен расчет экономической эффективности использования совокуп-

ных ПОФ ФергОУОС и сельскохозяйственных предприятий Ферганской области (табл. II).

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур (а соответственно и рост стоимости валовой продукции) — явление закономерное, так как при более высокой фондообеспеченности сельскохозяйственных предприятий и гидромелиоративных систем создаются значительно лучшие условия для их работы.

Анализ эффективности использования совокупных ПОФ орошаемых районов показывает, что между ростом ПОФ и валовой продукции в большинстве случаев отсутствует прямая пропорциональность — размеры ПОФ возрастают значительно быстрее роста валовой продукции.

Расчеты, характеризующие размеры валового дохода на рубль ПОФ по Ферганской области, за длительный период подтверждают положение, при котором с ростом фондообеспеченности размер валовой продукции в расчете на рубль ПОФ снижается: фондоотдача совокупных ПОФ в 1966 г. снизилась до 1,02 руб/руб против 2,72 руб/руб (1954 г.), а фондоотдача ПОФ ФергОУОС (рассчитанная по удельному весу водохозяйственных фондов в совокупных ПОФ) соответственно до 0,17 руб/руб против 0,42 руб/руб (табл. I2).

Столь резкое (и постоянные за анализируемый период) снижение фондоотдачи ПОФ прежде всего объясняется тем, что помимо своеобразия условий сельскохозяйственного производства в орошаемой зоне, направление основной части капиталовложений в ПОФ сельскохозяйственных предприятий диктовалось необходимостью повышения их технического уровня, и прежде всего увеличения парка машин и механизмов. Так, сельскохозяйственные ПОФ за период с 1954 по 1966 гг. увеличились с 50,5 до 210,8 млн.руб.

Что же касается производственных фондов ФергОУОС, то здесь, как уже было сказано выше, основной рост ПОФ произошел за счет капиталовложений, направленных на повышение водообеспеченности и техническую реконструкцию гидромелиоративных систем.

Таблица II

фондообеспеченность, урожайность и размер валовой продукции
сельскохозяйственного производства Ферганской области

Показатель	Год				
	1954	1958	1963	1966	
Размер сезонных ПОФ, руб/га	235,0	321,0	663,0	839,0	
Урожайность хлопчатника, ц/га	20,5	21,3	22,8	25,6	
Стоимость валовой продукции растениеводства на 1 га орошаемой площади, руб/га	651,0	670,0	779,0	859,0	

Таблица 12

Стоимость валовой продукции растениеводства на рубль
сельскохозяйственных и водохозяйственных ПОФ Ферганской области

Показатель	Год				
	1954	1958	1963	1966	
Размер совокупных ПОФ на 1 га орощаемой площади, руб/га	235,0	321,0	663,0	839,0	
В том числе:					
ПОФ сельскохозяйственных предприятий, руб/га	199,0	269,0	555,0	696,0	
ПОФ фергосуос, руб/га	36,0	52,0	108,0	143,0	
Удельный вес ПОФ фергосуос в совокупных ПОФ, %	15,6	16,2	16,7	17,2	
Стоимость валовой продукции растениеводства в расчете на 1 руб. ПОФ, руб/руб	2,72	2,05	1,16	1,02	
В том числе:					
ПОФ сельскохозяйственных предприятий, руб/руб	2,30	1,73	0,96	0,85	
ПОФ фергосуос, руб/руб	0,42	0,32	0,20	0,17	

Осуществление мероприятий по повышению фондообеспеченности сельскохозяйственных предприятий и гидромелиоративных систем Ферганской области позволит улучшить использование земельных и водных ресурсов, повысить урожайность и размеры валовой продукции сельскохозяйственного производства и тем самым обеспечить повышение уровня фондостдачи, что в конечном счете явится условием для ликвидации имеющей место диспропорции между темпами роста фондообеспеченности и фондостдачи совокупных ПОФ ФергОУОС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Н.А. Технический прогресс в ирригационном строительстве и показатели удельных капитальных вложений, Тр.Гипроводхоз СССР, № 2 (31), М., 1968.
2. Воропаев Г.В. Техничко-экономические показатели оросительных систем, Тр.КазНИИВХ, т.4, Алма-Ата, 1965.
3. Еременко Г.В. Районирование и технико-экономическое обоснование инженерно-мелиоративных мероприятий в Западной Фергане на базе исследований существующего дренажа, Автореферат, Ташкент, 1965.
4. Раскин Г.Ф. Экономика орошаемого земледелия, М., Изд-во "Колос", 1967.

РЕФЕРАТЫ

к выпуску 127 Трудов САНИИРИ

им. В. Д. Журина

(Орошение, эксплуатация гидромелиоративных систем)

1971 год

УДК 626.8

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО БОРОЗДАМ

Н.Т.ЛАКТАЕВ

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

В статье сделано обобщение полевых опытов и теоретических исследований САНИИРИ за прошедшее десятилетие. Дано теоретическое обоснование технологии полива; разработаны классификации почв по водопроницаемости и земель по уклонам и рельефам (для предгорной зоны).

На основании теоретических формул, но с параметрами к ним, полученными опытным путем, на ЭВМ определены оптимальные сочетания элементов техники полива для 25 типичных сочетаний природных условий. На основании расчетов для каждого сочетания условий рекомендованы: длина борозды, расход в борозду, время добега и полива.

Графоаналитическим методом определены эпюры увлажнения вдоль борозды, реально осуществимые поливные нормы, величины потерь на сброс, глубинная утечка, испарение в процессе полива; даны коэффициенты полезного использования воды на полях (к.п.д. техники полива).

Таблиц 10. Рисунков 8.

УДК 626.8

РАЙОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЦЕЛЯХ ПРИМЕНЕНИЯ
ЦЕЛЕСООБРАЗНЫХ СПОСОБОВ И ТЕХНИКИ ПОЛИВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н.Т.ЛАКТАЕВ

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

Рассмотрены основные принципы и положения районирования существующих и перспективных орошаемых земель по наиболее целесообразным способам и технике полива. Сформулированы задачи районирования и вытекающие из них виды и масштабы районирования. Подробно рассмотрены факторы районирования и привязка различных разновидностей техники полива к этим факторам. Пред-

ложена последовательность выполнения районирования (перечень исходных материалов, составление промежуточных карт, назначение различной техники полива, составление рабочей и результативной карты), приводится форма результативной ведомости и рекомендованы условные знаки.

Таблиц 7.

УДК 626.8

**ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ
СОВХОЗА № 26 ЮГО-ЗАПАДНОГО МАССИВА ГОЛОДНОЙ СТЕПИ**

М.Д.ЧЕЛЮЖАНОВ, Ш.АСАБАЕВ
Труды САНИИРИ, вып.127, 1971

Исследования, проведенные в совхозе № 26, позволили установить причины снижения эффективности использования земель, несогласованность хода водохозяйственного строительства темпам освоения земель и низкий уровень эксплуатации оросительной и коллекторно-дренажной сети.

Даны конкретные рекомендации, направленные на повышение продуктивности новых земель.

Таблиц 4. Рисунков 2.

УДК 626.8

**РОЛЬ ПЕРЕУСТРОЙСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
В ПОВЫШЕНИИ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ
КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ
(НА ПРИМЕРЕ КИТАБСКОГО РАЙОНА)**

А.К.КАРИМОВ
Труды САНИИРИ, вып.127, 1971

В статье научно обоснованы пути повышения водообеспеченности орошаемых земель на базе использования внутренних водных ресурсов, что доказано на конкретном примере орошения, освоения Макридского массива в Китабском районе с выводом технико-экономических показателей. Доказывается влияние водообеспеченности на развитие хлопководства в области.

Дана методика определения потерь и к.п.д. системы каналов в условиях Кашкадарьинской области. На основе отдельных планово-проектных разработок Узгипроводхоза, Средазгипровод-

хлопка, Узгипрозема, Гидрорегимной экспедиции и Пастбищно-мелиоративного треста в работе сделан ряд предложений и рекомендаций по повышению водособеспеченности Кашкадарьинской области.

Таблиц 3. Рисунок 1.

УДК 626-8

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНИКИ ОРОШЕНИЯ
И КАПИТАЛЬНЫХ ПЛАНИРОВОК НА ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ
И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Е.В.МОСКВИНОВА

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

В результате пятилетних наблюдений установлено: 1) капитальные планировки создают огромную пестроту почвенного плодородия, что отрицательно сказывается на росте, развитии и урожайности растений; 2) различная техника полива по-разному сказывается на плодородии и водно-физических свойствах почвы. Орошение способом дождевания (установка ДДА-100М) в наших условиях способствует распылению и уплотнению почвы и снижению ее плодородия, по сравнению с поливом по бороздам.

Радикальной мерой борьбы с отрицательным влиянием планировок и различной техники орошения на почву следует считать постоянный почвенно-агрохимический контроль, который даст возможность составлять агрохимические картограммы питательного режима полей и давать конкретные рекомендации по дифференцированному распределению органико-минеральных удобрений. Это ускоряет восстановление плодородия почв, создает большую экономию удобрений и способствует резкому повышению урожая возделываемых культур.

Таблиц 5. Рисунков 8.

О РАСЧЕТЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ОТСТОЙНИКОВ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НИЗОВЬЕВ РЕКИ АМУДАРЬЯ

Н. БЕКИМБЕТОВ

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

На основе обобщения опытных данных установлены расчетные зависимости режима наносов с гидравлическими элементами потока в виде:

$$\rho'_x = \rho_x e^{-\kappa} \quad \text{где } \kappa = \frac{\ell u_{\kappa}}{v h},$$

$\rho_x; \rho'_x$ — содержание рассматриваемой фракции наносов до и после осветления, кг/м³;

$u_{\kappa} = \frac{\rho_x - \rho_{tr}}{\rho_x} u_{\kappa}$ — скорость выпадения наносов, м/сек;

v — скорость потока, м/сек;

h — средняя глубина потока, м/сек;

ℓ — длина пути осаждения, м;

u_{κ} — средняя гидравлическая крупность наносов в расчетном интервале;

ρ_{tr} — транспортирующая способность потока, кг/м³.

Для определения $e^{-\kappa}$ в отдельности для каждой фракции составлены графики $e^{-\kappa} = f\left(\frac{\ell u_{\kappa}}{v h}\right)$.

Количество фракции с гидравлической крупностью 32–2 мм/сек определяется по формуле $\rho'_{32-2} = \rho_{32-2} e^{-\kappa_1}$

и фракции 2 – 0,02 мм/сек — $\rho'_{2-0,02} = \rho_{2-0,02} e^{-\kappa_2}$ ($e^{-\kappa_1}, e^{-\kappa_2}$ определяется по графикам).

Полная мутность потока после осветления составляет сумму

$$\rho'_x = \rho'_{32-2} + \rho'_{2-0,02} + \rho_{<0,02}$$

$\rho_{<0,02}$ — содержание фракции наносов менее 0,02 мм/сек в составе начальной мутности при осаждении наносов до 70% от общей мутности остается неизменным и суммируется с остальными фракциями без изменения. Отклонения расчетных и наблюдаемых величин осветления потока составляют в среднем $\pm 5\%$.

Таблиц 3. Рисунков 3.

ВОДОМЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА НА КАНАЛАХ
С НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ

М.В.БУТЫРИН

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

Работа содержит общие положения, рекомендуемые водомерные устройства с краткой их характеристикой и основными данными по выбору и применению на ирригационных системах машинного орошения (с насосными станциями). Кроме этого в работе даются основные правила содержания, эксплуатации, ремонта, охраны и техники безопасности водомерных устройств.

Работа является практическим пособием работникам водного хозяйства для организации учета расхода воды и на ирригационных системах машинного орошения в частности.

Таблиц 3. Рисунков 3.

УДК 626.8

О ТОЧНОСТИ ФОРМУЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ СКОРОСТЕЙ
ПОТОКА ТОЧЕЧНЫМИ МЕТОДАМИ ДЛЯ РУСЛОВОГО СПОСОБА
УЧЕТА РАСХОДА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

И.Б.ХАМАДОВ, Б.М.МИРОВ

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

Вопрос о построении оптимальных формул для вычисления средней скорости на вертикали сечения потока сводится по существу к выбору точек измерения скоростей и весовых коэффициентов, чтобы двух-, трех- и пятиточечная формулы были по возможности простыми и обеспечивали достаточно высокую точность.

В статье для получения таких формул использован математический аппарат теории приближенного интегрирования, при этом применены методы Ньютона-Котеса, формулы Чебышева и Гаусса. Дается сравнительный анализ точечных формул определения средней скорости на вертикали практической гидрометрии с теоретически полученными формулами по остаточному члену, определяющих погрешность выражений.

Полученные теоретическим путем оптимальные формулы совпадают с двухточечной формулой практической гидрометрии, дающей высокую точность. Вместо эмпирической трехточечной формулы предлагается теоретически выведенная по методам Ньютона-Котеса и Чебышева.

Предлагается использовать более точные пятиточечные формулы, полученные по методу Ньютона-Котеса. Оптимальные формулы применимы при правильных выпуклых эяврах скоростей.

Таблица I.

УДК 626.8

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

(на примере Ферганского УОС)

К. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ

Труды САНИИРИ, вып. 127, 1971

В статье рассматриваются методические вопросы технико-экономического анализа использования гидромелиоративными системами водных, земельных ресурсов, а также производственных основных фондов.

На фактическом материале проводится анализ использования производственной базы Ферганским областным управлением оросительных систем и даются рекомендации по повышению эффективности его работы.

Таблиц 12.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Н.Т.ЛАКТАЕВ. Теоретическое обоснование технологии полива сельскохозяйственных культур по бо- роздам.....	3
Н.Т.ЛАКТАЕВ. Районирование орошаемых земель в целях применения наиболее целесообразных способов полива и техники полива сельскохозяйственных культур.....	43
М.Д.ЧЕЛЮКАНОВ, Ш.АСАБАЕВ. Влияние орошения на ме- лиоративное состояние земель совхоза № 26 Юго- западного массива Голодной степи.....	67
А.К.КАРИМОВ. Роль переустройства оросительных систем в повышении водообеспеченности орошаемых земель Кашкадарьинской области (на примере Китабского района).....	75
Б.В.МОСКВИНОВА. Влияние различной техники орошения и капитальных планировок на изменение водно-физи- ческих и агрохимических свойств почвы.....	89
Н.БЕКИМБЕТОВ. О расчете режима работы отстойников на оросительных системах низовьев реки Амударья..	105
М.В.БУТЫРИН. Водомерные устройства на каналах с на- сосными станциями.....	119
И.Б.ХАМАДОВ, Б.М.МИРОВ. О точности формул определе- ния средних скоростей потока точечными метода- ми для руслового способа учета расхода ороси- тельной воды.....	143
К.И.БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ. Вопросы использования природных ресурсов и средств производства гидромелиора- тивных систем (на примере Ферганского ОУОС)..	155
РЕФЕРАТЫ к выпуску 127 Трудов САНИИРИ.....	185

Редакторы И.И.Кондратьева, Б.Ф.Калягина
Корректор Р.П.Яхъяева

Р-05705 Подписано в печать 14.У.71г. Формат
бумаги 50х60 1/8 Усл.п.л.12 Заказ 1424
Тираж 300 экз. Цена 1 р.

Картфабрика ин-та "Узгипрозем", Ташкент, Муками, 176