



ISSN 0131 — 1905

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ
И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

**ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ
В СРЕДНЕЙ АЗИИ**

Сборник научных трудов

В ы п у с к № 173

Ташкент — 1985

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ОРОШАЕМЫХ
ЗЕМЕЛЬ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Сборник научных трудов

Выпуск № 173

Ташкент—1985

Проблемы мелиорации орошаемых земель
в Средней Азии
Сборник научных трудов, вып. 173, Ташкент,
САНИИРИ им. В. Д. Журина, 1985, 146 с.

На современном уровне орошаемое земледелие бассейна Аральского моря остро испытывает дефицит водных ресурсов и ухудшение качества воды в источниках орошения.

В этих условиях дальнейшее развитие орошения и решение проблемы продуктивности мелиорируемого гектара должны базироваться, с одной стороны, на основе широкого применения водосберегающих мероприятий, с другой, — улучшения режима работы построенных мелиоративных систем и рационального использования водных ресурсов.

Публикуемые статьи в настоящем сборнике посвящены решению этих проблемных вопросов.

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

Редакционная коллегия:

В. А. Духовный (гл. редактор), Т. И. Дерлятка, А. А. Кадыров (зам. гл. редактора), Н. Т. Лактаев, А. М. Мухамедов, В. Г. Насонов, У. Ю. Пулатов, А. Г. Пулатов, Х. И. Якубов (зам. гл. редактора, отв. за выпуск), Т. М. Шапошникова

С Среднеазиатский научно-исследовательский институт
иригации им. В. Д. Журина (САНИИРИ), 1985

В. А. Духовный, канд. техн. наук, В. Б. Виленчик, канд. физ.-мат. наук
Д. К. Умарджанов, М. М. Дмитриева
(САНИИРИ им. В. Д. Журина)

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И РАЗВИТИЕ ОРОШЕНИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Перспектива развития Узбекистана неразрывно связана с будущим всего среднеазиатского региона. Общность направлений сельскохозяйственного производства, идентичность межотраслевых пропорций и, главное, единство водных ресурсов не позволяют рассматривать экономическое развитие каждой из среднеазиатских республик в отдельности. При этом региональный прогноз определяется прежде всего решением проблемы водных ресурсов.

Тенденции, складывающиеся в мелиорации и водном хозяйстве бассейна Аральского моря, имеют много общих характерных черт с развитием отрасли в стране.

За последние 15...20 лет, особенно после майского (1966г.) Пленума ЦК КПСС, министерством мелиорации и водного хозяйства СССР проведена большая целеустремленная и планомерная работа по совершенствованию водопользования, улучшению эксплуатации земель, уменьшению удельного водопотребления, повышению управляемости водными ресурсами. Работа проводилась как по линии водного хозяйства, так и сельского и других отраслей народного хозяйства. Это обеспечило значительное увеличение эффективности использования водных ресурсов.

При росте водозабора на орошение в целом за истекший период на 25...30 % валовая продукция земледелия с орошаемых земель увеличилась более чем в 2,5 раза (табл. I).

Суммарное увеличение водопотребления по отдельным республикам за истекший период характеризуется в среднем относительно равномерными показателями в пределах 15...45 %, лишь в Молдавии оно превысило 250 %. Прослеживается наибольший

рост водозабора в годы максимальной водности с последующим снижением его в маловодные годы. Например в РСФСР и на

Т а б л и ц а 1

Рост водопользования в стране
по годам

Номер п/п	Показатель	Г о д ы				
		1965	1970	1975	1980	1982
1	Объем водозабора, км ³	205,0	223,2	304,9	343,6	322,3
	в том числе на орошение	128,0	130,5	143,3	175,6	174,3
2	Водопотребление безвозвратное, км ³	112,8	100,1	154,3	205,5	177,6
	в том числе на орошение	99,9	95,6	114,9	129,9	136,3
3	Площадь орошения, млн.га	9,8	10,8	14,2	17,2	18,3
4	Удельный водозабор, тыс.м ³ /га	13,1	12,1	10,1	10,2	9,5
5	Удельное водопотребление, тыс.м ³ /га	10,2	8,8	8,1	7,6	7,4
6	КПД систем	0,55	0,58	0,63	0,69	0,71
7	Валовая продукция земледелия с орошаемых земель, млрд.руб.	5,3	7,7	9,9	13,0	13,4
8	Водозабор на 1 млрд.руб. продукции, км ³	24,2	16,9	14,5	13,5	13,0
9	Водопотребление на 1 млрд.руб.продукции, км ³	18,8	12,4	11,6	10,0	10,1

Украине, максимальный водозабор наблюдался в 1975 г. с последующим снижением его в связи с маловодностью, соответственно, на 20...13 %; в Узбекистане, Казахстане — в 1980 г.; в 1982-1983 гг. водозабор уменьшился, соответственно, на 75 %. При этом одна треть общего водозабора приходится на РСФСР, 10 % — на Украину, 20 % — на Узбекистан, 15 % — Казахстан,

около 7 % — на республики Закавказья, 7% — на Туркмению, 5 % — Таджикистан, 4 % — Киргизию. Из общего объема водозабора менее 10 % осуществляется из подземных вод (31,3 км³/год), остальные — из поверхностных.

В распределении воды между отраслями народного хозяйства первое место среди водопотребителей по объему отбора и, особенно, безвозвратному водопотреблению занимает сельское хозяйство, в частности орошение; второе — промышленность (уровень безвозвратного водопотребления здесь невелик — 14 % от общего).

Параллельно с общим ростом водопотребления промышленности удельное водопотребление на единицу продукции постоянно снижается. Происходит это при увеличении объема водозабора из систем оборотного водоснабжения благодаря постоянному росту объема очистки в стране, достигшего в 1982г. 169,9 км³, т.е. 62,8 % от объема использованной чистой воды.

Особенно велика доля возврата в коммунальном хозяйстве (75 %), где успешно внедряется централизованное водоснабжение, растет уровень очистки: с 57 % в 1970г. до 80 % в 1980, в том числе биологической — с 35 до 66,4 %. Характерно, что, несмотря на рост удельного водопотребления с 192 до 277 л/сут на человека и численности городского населения на 21 %, объем водопотребления на эти цели увеличился с 1970 по 1975 год на 4,2 км³/год и далее — всего на 0,1 км³/год. Такая тенденция наблюдается и в водопотреблении промышленности, где безвозвратное водопотребление составляет 6,5% от суммарного.

Основным водопотребителем в стране является орошаемое земледелие — как по общему, так и безвозвратному водопотреблению. Рост орошаемых земель с 9,8 млн.га в 1965г. до 19,0 млн.га в 1982 г. (почти в два раза) привел к увеличению продукции растениеводства с 5,3 до 14,5 млрд.руб., т.е. почти в 3 раза. Практически 92 % прироста продукции растениеводства в СССР получено с орошаемых земель.

Как видно из табл. I, рост орошаемых земель сопровождался увеличением валовой продукции земледелия.

Несмотря на перемещение ввода новых земель в больших объемах из зон традиционного орошения в среднюю полосу

страны, в полужасушливые и периодически недоувлажняемые зоны, произошло сокращение удельного водопотребления. Здесь приросты дополнительной продукции на 1 м³ подаваемой воды (СССР - 5,6 коп., Средняя Азия - 8,5, РСФСР - 42 коп. и т.д.) значительно ниже. Другим фактором, препятствующим более интенсивному снижению удельных затрат воды, явилось перемещение орошения из зон оазисов в засоленные и подверженные засолению массивы, потребовавшие дополнительных капитальных и профилактических промывных поливов.

Тем не менее, в среднем по стране параллельно росту водопотребляющих отраслей и орошения, наряду с увеличением КПД, происходит постоянное снижение удельного водозабора и водопотребления.

Значительное снижение удельного водопотребления на единицу продукции в целом по стране - результат, в первую очередь, мероприятий по совершенствованию систем орошения как новых, так и староорошаемых земель. Это нашло отражение в повышении КПД орошаемых систем (в среднем на один процент в год), в быстром росте продуктивности орошаемых земель.

За истекшие годы разработаны и получили широкое внедрение системы закрытого горизонтального и вертикального дренажа, позволившие перейти на оптимальные мелиоративные режимы в сочетании с относительным благополучием земель по степени засоления, лотковых оросительных каналов и закрытых трубопроводов с высоким КПД внутрихозяйственной сети, бетонопленочными облицовками, сводящими к минимуму потери из крупных каналов, а также современные дождевальные широкозахватные машины с высоким КПД поля и т.д.

За три пятилетки реконструкцией в целом охвачены около 13 млн.га, в том числе мелиоративно улучшены 3,6 млн.га орошаемых земель, переустроена и повышена водообеспеченность оросительных систем на площади 6,9 млн.га; капитально спланированы 2,4 млн.га земель. Общие затраты на эти работы составили 9,3 млрд.руб.

Произошли коренные изменения и в техническом уровне оросительных систем. Удельный вес земель, поливаемых дождеванием, увеличился с 6 до 34 %, протяженность закрытой трубчатой

сети и каналов с противифльтрационными покрытиями возросла в 10 раз.

Из межхозяйственной и магистральной сети общей протяженностью 104,2 тыс.км антифильтрационные облицовки различных типов имеют каналы длиной 25 тыс.км, а из 694 тыс.км внутрихозяйственной сети построено в трубах, лотках и облицовке 237 тыс.км, или более одной трети. В результате этих мер КПД систем в целом по стране достиг 0,68...0,7, а КПД межхозяйственной сети - 0,83.

Аналогичные тенденции отмечаются и в Средней Азии. Исследования в области водного и сельского хозяйства, социально-демографической и других сферах проводились на основе анализа экономико-технологической информации (табл.2) и использования математико-статистических методов обработки данных.

Несмотря на то, что в Средней Азии и Южном Казахстане значительная часть площадей орошается с незапамятных времен, тем не менее и здесь получили широкое развитие современные оросительные системы с огромными каналами на расход 300 м³/с и более протяженностью более тысячи километров (такие, как Каракумский, Каршинский и др.). Эти системы охватывают массивы земель площадью сотни тысяч гектаров.

Несмотря на относительно высокое удельное водопотребление на один гектар, здесь также проявились тенденции, характерные для страны в целом, но в более резких темпах. Эти показатели сводятся к следующему:

- при несколько возрастающих темпах ввода орошаемых земель (600; 700; 850; 900 тыс.га) за пятилетку водозабор на орошение сначала возрастал быстрыми темпами, а в последние годы, в связи с наступлением маловодных лет и завершением регулирования стока по обоим бассейнам, начал резко снижаться;

- темпы удельного безвозвратного водопотребления постоянно снижались;

- в результате постоянно увеличивающейся продуктивности земель, как на базе улучшившегося мелиоративного состояния их, так и на основе прогресса сельскохозяйственного производства, удельные затраты воды по водозабору и по безвозвратному водопотреблению систематически снижались: в целом

Т а б л и ц а 2

Изменение показателей водопользования в бассейне
Аральского моря

Номер п/п	Показатель	Г о д ы				
		: 1965	: 1970	: 1975	: 1980	: 1982
1	Объем водозабора, км ³	72,7	87,9	103,5	111,7	96,9
	в т.ч. в бассейне Амударьи	36,3	47,7	57,7	60,0	54,7
	Сырдарьи	36,4	40,2	45,8	51,7	42,2
	Из них на орошение, км ³	63,2	79,6	91,1	102,9	87,1
	в т.ч. в бассейне Сырдарьи	29,4	35,4	38,5	45,9	37,1
	Амударьи	33,8	44,2	52,6	57,0	50,0
2	Водопотребление безвозвр., км ³	63,2	63,9	76,7	81,1	71,6
	в т.ч. в бассейне Амударьи	30,1	39,9	47,9	49,4	45,8
	Сырдарьи	33,1	24,0	28,8	31,7	25,8
	Из них на орошение, км ³	46,3	59,9	69,7	77,4	68,0
	в т.ч. в бассейне Сырдарьи	17,6	22,3	25,0	30,0	25,7
	Амударьи	28,7	37,6	44,7	47,4	42,5
3	Площадь орошения, млн.га	3,82	4,41	5,13	6,15	6,40
	в т.ч. в бассейне Сырдарьи	1,90	2,10	2,40	2,95	3,10
	Амударьи	1,92	2,31	2,73	3,20	3,30
4	Удельный водозабор, тыс.м ³ /га	16,54	18,05	17,76	16,73	13,61
	по бассейну Сырдарьи	15,47	16,86	16,04	15,56	11,97
	Амударьи	17,60	19,30	19,26	17,81	15,15
5	Удельное водопотребление, тыс.м ³ /га	16,54	14,49	15,54	13,19	11,19
	по бассейну Сырдарьи	14,79	10,62	10,42	10,44	8,29
	Амударьи	14,94	16,98	16,37	14,81	12,88
6	КПД систем	0,52	0,55	0,58	0,60	0,61
	по бассейну Сырдарьи	0,53	0,56	0,60	0,63	0,64
	Амударьи	0,50	0,53	0,55	0,56	0,57
7	Валовая продукция земледелия с орошаемых земель, млрд.руб.	2,83	3,97	5,43	7,81	8,18
	в т.ч. в бассейне Сырдарьи	1,32	1,76	2,15	3,53	3,78
	Амударьи	1,51	2,21	3,28	4,28	4,40
8	Водозабор на 1 млрд.руб.продукции	22,3	20,05	16,78	13,18	10,65
	в т.ч. в бассейне Сырдарьи	22,3	20,1	17,9	13,00	9,81
	Амударьи	22,4	20,0	16,0	13,31	11,37
9	Водопотребление на 1 млрд.руб.продукции, км ³	16,36	15,09	12,84	9,91	8,34
	в т.ч. в бассейне Сыр					

Вся вода промышленности и коммунального хозяйства отводится в источники последующего орошения, при этом очистка, в основном биологическая, составляет около 80 %. Процент оборота промышленности различен: от 65 % в УзССР до 15,1 % в Туркмении, а в целом по коммунально-промышленному водоотведению колеблется от 45,4% в УзССР до 9,8 % в Таджикистане (табл.3).

Т а б л и ц а 3
Промышленно-коммунальное водоснабжение в стране,
в том числе в Средней Азии и Казахстане

Регион, респуб- лика	Водопотребление, км ³ /год				Безвозв.- на одно- го чел/год	Процент оборот- ного во- доснаб- жения	Про- цент без- возвр- ного водо- снабжения
	всего	в том числе					
		чистой воды	оборот- ное	без- воз- врат- ное			
Всего по стране	181	62,4	118,6	15,3	55	65,2	8,45
в том числе по:							
Средней Азии	5,7	3,56	2,14	1,76	73	37,5	30,8
Узбекистану	4,4	2,4	2,0	1,1	57	45,4	25,0
Таджикистану	0,51	0,46	0,05	0,23	57	9,8	45,7
Туркменистану	0,79	0,7	0,09	0,43	148	11,4	54,4
Казахстану	6,65	3,81	2,84	1,03	68	42,1	15,5
Киргизии	0,47	0,35	0,12	0,10	28	26,5	21,2

Безвозвратное водопотребление в среднеазиатской зоне, бесспорно, должно быть большим, чем по стране, из-за высокой аридности климата, затрат на полив городских насаждений; оно колеблется от 15,5 % по Казахстану до 54,4 % в Туркмении. Фактическое безвозвратное водопотребление на одного человека составляет 57 м³ в год в Узбекистане и 73 м³ в целом по зоне, с максимумом в Туркмении - 148 м³/г.

По расчету в аридной зоне безвозвратное водопотребление на одного человека должно составить в коммунальном хозяйстве 50 л/сут, или около 18 м³/год, и около 15...20 м³/год в промышленности. Поэтому возможность экономии безвозвратного водопотребления в регионе незначительна. В перспективе следует увели-

чить оборотное водоснабжение и использование замкнутых циклов, в первую очередь, в Туркмении и Казахстане. Увеличение населения в Средней Азии в будущем и необходимость развития таких водоемких отраслей, как химия и теплоэнергетика, приведут к возрастанию безвозвратного водопотребления в 2...2,5 раза. К тому же, в ряде республик в перспективе резко увеличится удельное водопотребление в связи с повышением жизненного уровня (особенно в Киргизии).

Кроме указанных выше тенденций в общем, сельскохозяйственном и безвозвратном водопотреблении, важно учесть определенные социально-экономические условия, которые будут определять перспективу использования воды в Средней Азии.

Повышение продуктивности орошаемого земледелия в среднем до 1840 руб/га сопровождалось, особенно в последнее время, увеличением удельного объема затрат как строительных, так и эксплуатационных, в связи с необходимостью применения (из-за сложных природных условий в зонах нового орошения) машинного водоподъема, осуществления мер по борьбе с засолением орошаемых земель. Стоимость освоения 1 га новых земель, например в Голодной и Каршинской степях, составила в последние годы 8...11 тыс.руб/га. При этом значительная доля затрат направлена на повышение технического уровня орошаемого земледелия, снижение непродуктивных потерь воды, что дало возможность получать на массивах нового орошения при удельных расходах воды 8,5...10 тыс.м³/га в год наиболее высокую отдачу на единицу воды.

Нередко недалековидные хозяйственники стараются уменьшить капвложения при вводе новых земель невыполнением анти-фильтрационных и дренажных мероприятий.

Разработанные и осуществленные на практике схемы и конструктивные решения, а также проведенные расчеты показывают, что нынешнему уровню развития нашей экономики вполне соответствуют оросительные системы с КПД 0,78...0,82, оптимальным мелиоративным режимом, совершенными дренированием и поливной техникой. У этих систем безвозвратное водопотребление в среднем по зоне (с учетом затрат воды на рис) составляет 10...10,2 тыс.м³/га.

Переход на всей площади к таким системам не может быть осуществлен повсеместно за короткий промежуток времени,

подземных вод дефицит водных ресурсов достигнет 14,7 км³.

Безвозвратное водопотребление на орошение снизится с 12,5...13,0 тыс.м³/га в настоящее время до 10,6 тыс.м³/га в перспективе. При этом целиком исчерпываются возможности повышения технического уровня систем до совершенных инженерных решений: КПД систем - 0,78...0,82 на фоне оптимального мелиоративного режима.

Следует обратить внимание на некоторые другие особенности, складывающиеся в регионе. Во-первых, намечающееся ухудшение экологической обстановки под влиянием интенсивного вымыва солей, в том числе полезных, из почвогрунтов; резкое увеличение соленакопления в отдельных частях бассейна; накопление пестицидов и гербицидов в почве; осушение внутренних водоемов.

Во-вторых, постоянное усложнение оросительных систем пока не сопровождается соответствующим организационным и техническим усилением служб эксплуатации. Износ этих систем и накопление отказов могут прогрессировать такими бурными темпами, что могут резко снизить эффективность орошаемых земель.

В-третьих, осуществление НТП в экономии воды, не подкрепленное экономически, отсутствие платы за воду и хозрасчетных взаимоотношений в водном хозяйстве затягивают внедрение водосберегающей технологии.

Указанные тенденции следует учитывать при рассмотрении НТП в среднеазиатском регионе и, в частности, в Узбекистане.

Учитывая предопределенность образования разрыва между водными ресурсами и водопотреблением, необходимо определить направления НТП, которые могут смягчить величину этого дефицита и в дальнейшем способствовать долговременному решению водообеспеченности региона.

Конечная цель региональной программы НТП в отрасли будет состоять в удовлетворении рациональных потребностей общества в воде по времени, режиму и качеству и, прежде всего, в обеспечении плодородия орошаемых земель.

С таких позиций целевая программа НТП (рис.) будет складываться из:

- мероприятий по увеличению располагаемых водных ресурсов;
- разработки мер по сокращению водопотребления промышленностью, коммунальными и бытовыми потребителями;
- уменьшения непродуктивных потерь стока;

- повышения продуктивности АПК на основе орошаемого земледелия (подцель: получение на единицу воды максимума конечной продукции АПК с совокупными отраслями).

Последнее далеко выходит за рамки понятия, что конечная цель НТП в мелиорации - это интенсификация и повышение эффективности растениеводческой отрасли сельскохозяйственного производства. Известна концепция Минводхоза СССР о роли и месте мелиораций в системе мероприятий по интенсификации сельскохозяйственного производства: "Все виды интенсификации сельскохозяйственного производства - механизация, химизация, использование гербицидов, достижений селекции, семеноводства, рациональной организации работ, - не могут в полной мере проявить себя без мелиорации угодий. В то же время сама она не дает должного эффекта без применения всех вышеперечисленных приемов интенсификации".

Однако указанные в концепции вопросы касаются лишь растениеводства. Только в увязке со структурой и в ориентации на конечную продукцию АПК, включая все его сферы (производственную, социальную и экономическую;

отрасли поставок и переработки) можно по-настоящему обеспечить высокую эффективность конечной продукции не только растениеводства, но и всего АПК на базе орошения.

Из рис. I видно, что вырисовывается ряд четких задач научно-технического прогресса, связанного с развитием как фундаментальных, так и прикладных научных исследований.

Среди реально достижимых мероприятий в области увеличения водных ресурсов можно наметить использование в перспективе до 6 км^3 ледникового стока и около $6-10 \text{ км}^3$ минерализованных вод.

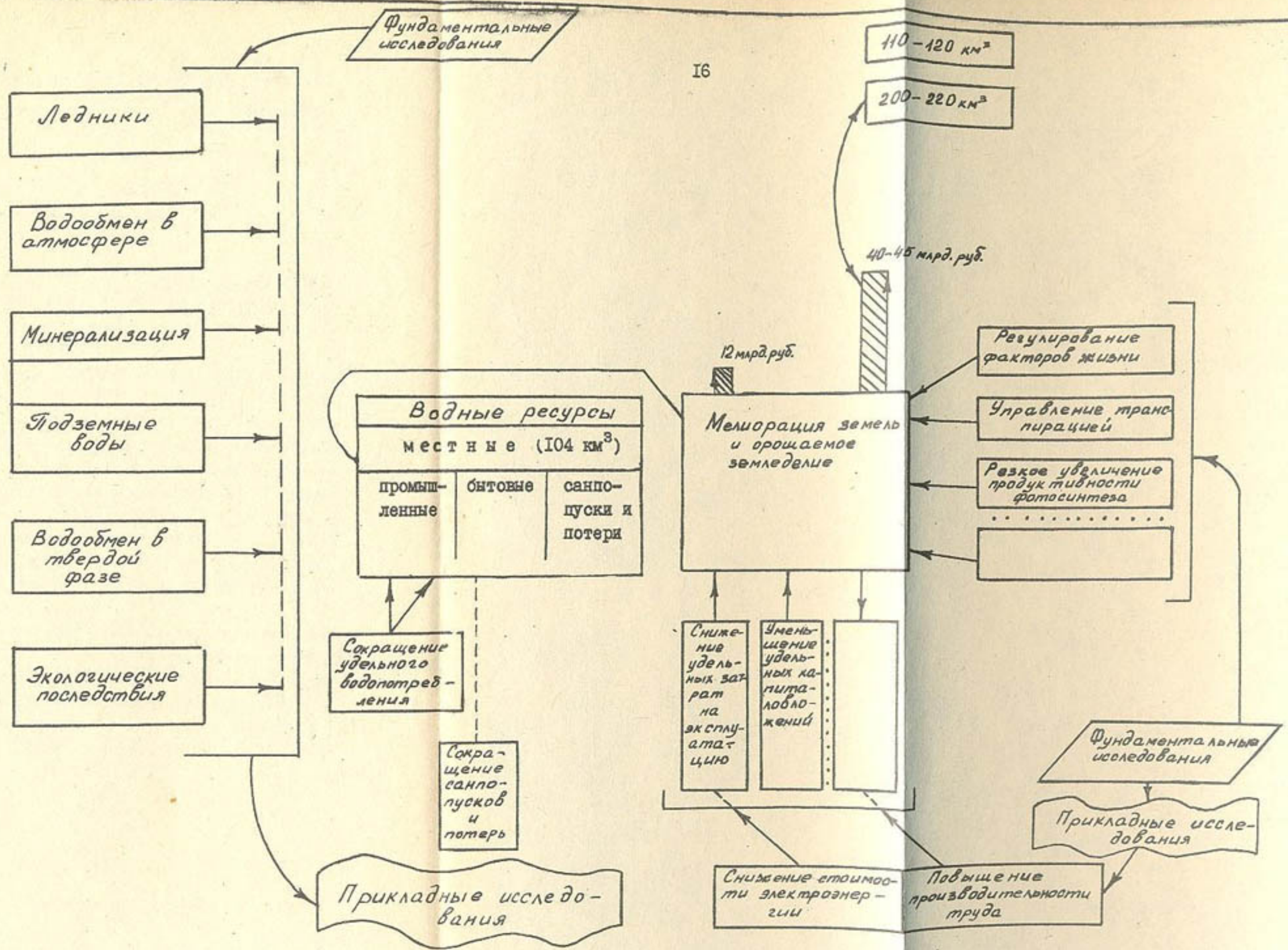
В области орошаемого земледелия и всего АПК главным вопросом является наращивание плодородия земель. Одновременно важно создание условий для планомерного пропорционального развития обеспечивающих и перерабатывающих отраслей АПК, совокупных сфер. Необходимо развивать ряд традиционных мелиоративных направлений для перехода оросительных систем на новый уровень снижения безвозвратного водопотребления. Наиболее вероятным является достижение в далекой перспективе безвозвратного водопотребления до $8,2 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$ с помощью следующих решений:

- а) минимизации физического испарения и управления режимом транспирации путем перехода в широких масштабах на капельное внутрипочвенное, сорбционное орошение;
- б) применения высокочастотного режима мелкодисперсного орошения и дождевания, проводимых в периоды минимального испарения;
- в) широкого применения мульчирования или пленочного покрытия почвы;
- г) выращивания особо эффективных культур с использованием гелиоопреснителей — теплиц на базе минерализованных вод;
- д) управляемой субиригации, изменяющейся по ходу развития корневой системы.

Наконец, важная задача отраслевого НТП в регионе — ликвидация сложившихся тенденций к удорожанию стоимости строительства и эксплуатации оросительных систем.

Список использованной литературы

- I. Духовный В.А. Иригационные комплексы на новых землях Средней Азии. — Ташкент: Узбекистан, 1983, — 184 с.



Целевая программа НТП в мелиорации и водном хозяйстве Средней Азии.

Х.И.Якубов, канд.техн.наук
Р.К.Икрамов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА И КОРРЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ
ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ЦЕЛЯХ УСКОРЕНИЯ ЭФФЕКТИВ-
НОСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Общее количество скважин вертикального дренажа в Средней Азии (по данным на первое января 1985г.) превышает 5500 скважин, с их помощью мелиорируются более 750 тыс.га орошаемых земель.

Одним из главных условий быстрой окупаемости капитальных вложений в мелиорацию, повышения плодородия земель и урожайности сельскохозяйственных культур орошаемых земель с применением вертикального дренажа является правильная его эксплуатация. От научно обоснованного выбора, организации и проведения режима откачек зависит эффективность и других элементов комплекса мелиоративных мероприятий (режима орошения, промывок, системы обработки почвы и пр.).

Широко внедряемые в последнее время системы вертикального дренажа (СВД) проектируются без достаточного анализа опыта их эксплуатации. Изучение фактических режимов откачек действующих крупных СВД показало, что откачки зачастую проводятся нерационально, без учета изменения всех режимообразующих факторов, следствием чего является подъем уровня грунтовых

вод, рост их минерализации, замкнутый солевой баланс и реставрация засоления почв, снижение урожайности сельскохозяйственных культур, увеличение оросительных норм в случаях излишнего понижения грунтовых вод.

Такое положение дел объясняется тем, что вертикальный дренаж — относительно новый тип дренажа в нашей стране и за рубежом; опыта эксплуатации крупных СВД для рассоления земель не имеется. В связи с этим возникла острая необходимость в разработке общих, научно обоснованных принципов расчета и корректирования режима откачек, учитывающих природно-хозяйственные различия объектов, изменчивость водного баланса, техническое состояние гидромелиоративной системы, оснащенность эксплуатационной службы материально-техническими ресурсами.

Под режимом откачек СВД понимается внутригодовое распределение объемов отбора подземных вод, обеспечивающее в комплексе с другими мероприятиями оптимальные мелиоративные режимы почв [1]. При этом внутригодовое распределение объемов отбора подземных вод определяется путем анализа и прогноза общих и частных водно-солевых балансов орошаемых территорий с учетом природно-хозяйственных условий региона (массива) и гидродинамической схемы притока подземных вод к водозаборным сооружениям, а установление количества одновременно работающих скважин и продолжительности их работы в месячном и годовом разрезе — с учетом надежности элементов скважин, обеспеченности эксплуатационных организаций материально-техническими ресурсами и мощности ремонтной базы (рис. 1).

Таким образом, восполнить пробел в решении вопроса проектирования и эксплуатации СВД можно путем:

разработки режима откачек для существующих СВД. Эта работа должна базироваться на оценке современного мелиоративного состояния земель, практикуемого комплекса мелиоративных мероприятий, технического состояния и уровня надежности гидромелиоративных систем, анализе материально-технических ресурсов и ремонтной базы эксплуатационных служб;

разработки режима откачек вновь проектируемых систем, который должен быть неотъемлемой частью комплекса разрабо-

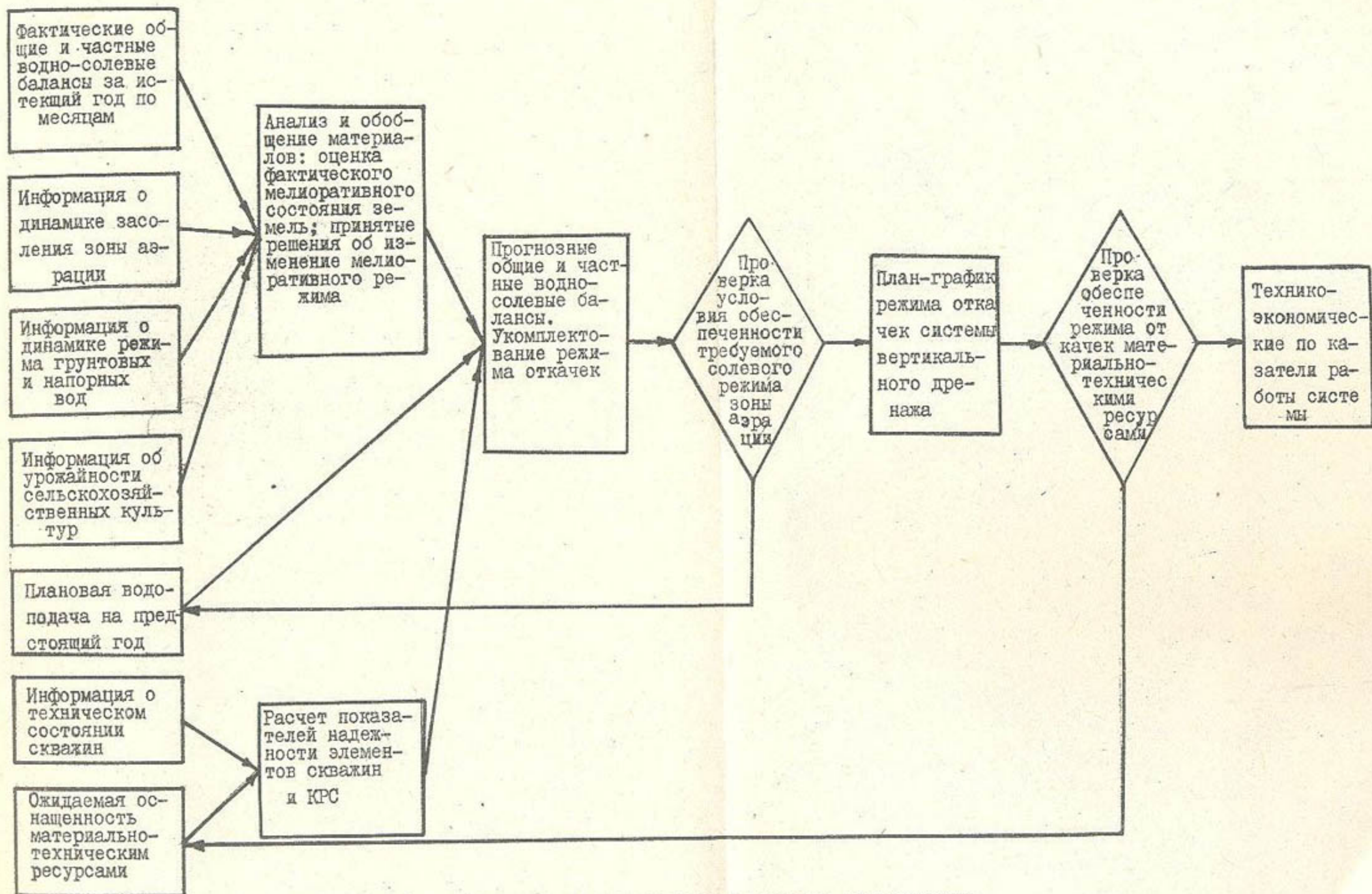


Рис. 1. Структура технологического процесса планирования режима работы системы вертикального дренажа

тываемых проектных мероприятий, обеспечивающих оптимальные мелиоративные режимы почв.

Анализ опыта эксплуатации крупных действующих СВД, расположенных в различных природно-хозяйственных условиях и выполняющих различные задачи, позволил сформулировать следующие принципиальные положения для проектирования режима их откачек:

определение назначения системы;

обеспечение осуществления заданного мелиоративного режима с учетом необходимости создания свободной емкости в почвогрунтах перед промывками земель и сброски их запасов после их проведения;

необходимость учета закономерностей природно-хозяйственных условий, присущих рассматриваемой территории, а также требований проектирования, принимаемых в расчеты внутригодовыми распределениями и сочетаниями элементов водного баланса;

проверка условия соответствия нагрузки на дренаж пропускной способности покровного мелкозема;

оценка и учет эксплуатационной надежности СВД, удобства проведения ремонтно-восстановительных работ и оснащенности эксплуатационных служб материально-техническими ресурсами;

корректирование режима откачек с учетом изменений природно-хозяйственных условий и комплекса применяемых мелиоративных мероприятий;

необходимость производства откачек из скважины при оптимальном понижении в них динамического уровня;

учет требований к охране окружающей среды и рациональному использованию водно-земельных ресурсов.

Основным методом расчетных обоснований режима откачек должен быть балансовый метод, позволяющий учесть, с одной стороны, техническое состояние оросительной и дренажной систем, организацию землепользования; с другой — одновременно и в увязке рассмотреть формирование водно-солевого режима на орошаемом поле. На землях, склонных к засолению, общие и частные водно-солевые балансы необходимо составлять на основе уравнений С.Ф.Аверьянова [2].

Режим откачек СВД рассчитывают без учета рельефа местности и особенностей отдельных скважин. При прогнозных расчетах следует соблюдать циклический характер изменения глубин грун-

на более длительный период делают равномерным график откачек.

Такой подход к назначению режима откачек позволяет при проектировании уменьшить количество потребных скважин, а при эксплуатации — более равномерно в течение года распределить ремонтно-восстановительные работы и загрузку эксплуатационного штата. Кроме того, необходимо учесть возможности использования откачиваемых вод на орошение и промывки земель. При комплектовании режима откачек для согласованной взаимоувязки глубин грунтовых вод, требуемых объемов отбора подземных вод с техническими возможностями эксплуатационной службы следует использовать зависимость

$$KPC = \frac{A_8 \cdot F_8}{q \cdot n \cdot t_{\text{мес}} \cdot 86,4} \quad (2)$$

Здесь A_8 — объем откачек СВД, м³/с;
 F_8 — площадь, обслуживаемая СВД;
 q — средний расход одной скважины, л/с;
 n — количество скважин в системе;
 $t_{\text{мес}}$ — количество дней в рассматриваемом месяце.

При проведении прогнозных расчетов на основе уравнения общего водного баланса следует учесть, что в зависимости от гидродинамической схемы формирования дебита СВД нижняя граница балансового слоя принимается различной. В случае, когда дебит системы формируется только за счет инфильтрации сверху (т.е. $\Pi - Q = 0$ и $\pm P = 0$) и гидравлическая связь каптируемого горизонта с покровными отложениями хорошая, потребные объемы откачек за месячные интервалы времени могут быть определены с помощью уравнения общего водного баланса:

$$D_в = O_c + B + \Phi_{mk} + B_{в/г} + B_{кас} - C_n - C_э - E_{тв} - D_r - W_k + W_n \quad (3)$$

где W_n, W_k — начальные и конечные запасы влаги в балансовом контуре; B — водозабор; O_c — атмосферные осадки;
 Φ_{mk} — потери на фильтрацию из магистрального канала; $B_{в/г}$ — объем откачиваемых вод из скважин, используемых на орошение;
 $B_{кас}$ — объем коллекторно-сбросных вод из отводящей сети,

поданный на орошение; Π, Q — приток и отток подземных вод на балансовую территорию со стороны; $\pm P$ — вертикальный водообмен балансового слоя с нижележащими; C_n — сбросы оросительных вод с полей, обусловленные КПД техники полива;

$C_э$ — организационные потери воды из внутрихозяйственной и междолевой оросительной сети, обусловленные асинхронностью подачи воды хозяйству и использования ее на полях, а также технические утечки; $E_{тв}$ — эвапотранспирация с валовой территории балансового контура; D_r — выклинивание грунтовых вод в горизонтальный дренаж (размерность элементов водных балансов — м³/га). При расчетах общих водных балансов используются удельные значения элементов, отнесенные на валовую площадь балансового контура, а при расчете балансов зоны аэрации орошаемого поля — на орошаемую площадь нетто.

Запасы влаги в различных почвогрунтах при прогнозных балансовых расчетах могут быть выражены как функция от глубины грунтовых вод, т.е. $W = f(h)$. Значения их, соответствующие заданным глубинам грунтовых вод, определяются из таблиц, составленных для 4,5 м толщи почвогрунтов с использованием формулы И.А.Енгелатова (1969 г.):

$$W = (4,5 \Pi - h \bar{A} \sqrt{h}) \cdot 10000, \quad (4)$$

где Π — пористость; h — глубина грунтовых вод, м; $\bar{A}$ — параметр, характеризующий проницаемость почвогрунтов (для Голодной степи 0,11; Бухарского оазиса — 0,15; Ферганской долины — 0,12).

С помощью формул 3, 4 прогнозируются также глубины грунтовых вод в начале или конце месяца:

$$W_{i+1} = O_i + B + \Phi_{mk} + B_{в/г} + B_{кас} - C_n - C_э - E_{тв} - D_r - D_в + W_i \quad (5)$$

Здесь i — начало месяца; $i+1$ — конец его.

По полученным значениям W_{i+1} по таблицам $W = f(h)$ устанавливается h_{i+1} .

Для случая, когда дебит системы формируется не только за счет инфильтрационных вод сверху, но и напорных вод из нижележащих горизонтов (двухпластовая система), вместо общего

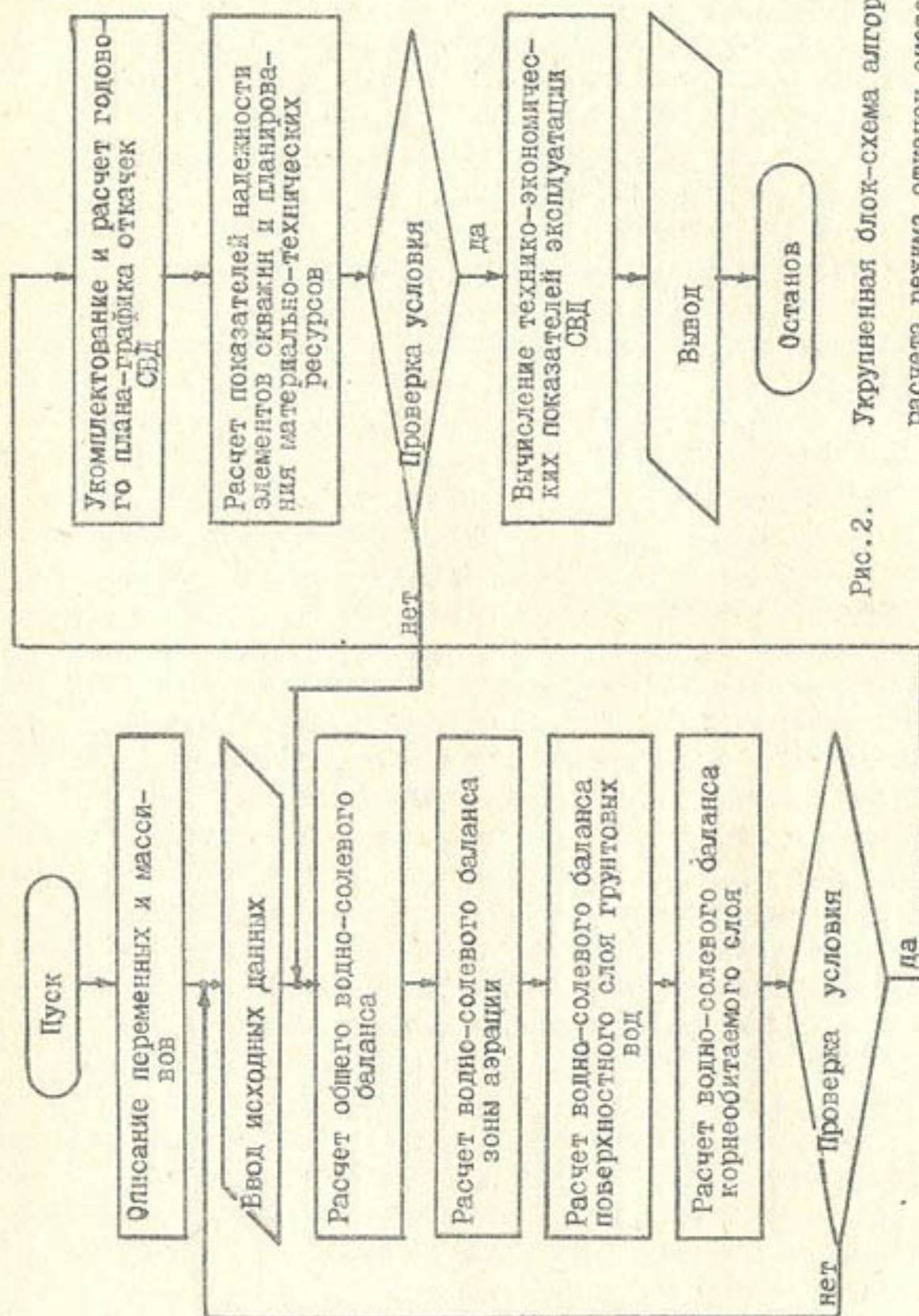


Рис. 2.

Укрупненная блок-схема алгоритма
расчета режима откачек системы
вертикального дренажа

ной сети; отключением электроэнергии; выходом из строя насосно-силового оборудования, гидротехнических сооружений; авариями на оросительной сети и т.п. Исследованиями САНИИРИ установлено, что даже при установившихся организационно-хозяйственных условиях дренажному стоку и другим элементам водного баланса присуща значительная изменчивость как во внутригодовом, так и в многолетнем разрезе [5].

Корректирование режима откачек СВД по результатам оценки мелиоративного состояния земель и комплекса мероприятий, заключающееся в увязке режима откачек с фактическим мелиоративным состоянием земель и мероприятиями по дальнейшему улучшению и поддержанию благоприятных мелиоративных процессов, осуществляется следующим образом:

1. Анализируется режим грунтовых вод на рассматриваемой территории (динамика глубин по месяцам, площадей с различной глубиной и минерализацией грунтовых вод; изменение профиля минерализации грунтовых вод покровного мелкозема);
2. Оценивается засоленность почвогрунтов (тип и степень засоления, характер профиля засоления по глубине, состав солей);
3. Сопоставляются фактические размеры водоподачи в вегетационный и невегетационный периоды с рекомендуемыми для рассматриваемых почвенно-мелиоративных условий;
4. Оценивается техническое состояние скважин, отказы их элементов (фильтровая колонка, гравийная обсыпка, гидромеханическое оборудование, наземный комплекс сооружений и пр.), КРС, уровень энергоснабжения, наличие материально-технических ресурсов, мощность ремонтной базы и т.п.;
5. Составляются общие и частные водно-солевые балансы на существующие условия;
6. Системным анализом пунктов 1-5 и других материалов, характеризующих мелиоративное состояние земель, устанавливаются направление мелиоративных процессов (рассоление или засоление земель), их количественные характеристики, а также основные факторы, обуславливающие роль СВД в формировании фактического мелиоративного процесса. Если наблюдается ухудшение плодородия (засоление), то предусматривается увеличение промывного режима орошения и дренированности территории, заглубление уровня грунтовых вод. В случае достижения опреснения почв и грунтовых вод на заданную глубину, подбирается

1. Икрамов Р.К. Принципы расчета и корректирования режима откачек систем вертикального дренажа в целях рассоления земель: Автореф. дис... канд. техн. наук. - Минск. 1981. - 24с.
2. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. - М.: Колос, 1978. - 287с.
3. Инструкция по проектированию оросительных систем. ММВХ СССР, Дренаж на орошаемых землях. М.: - 1975. 275 с.
4. Якубов М.О., Икрамов Р.К., Дкалилова Т., Каришова Н.М. К вопросу методики прогнозирования минерализации почвенного раствора и грунтовых вод при близком их залегании на крупных орошаемых массивах. Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации вып. 166, 1982, с. 3-10.
5. Усманов А.У., Насонов В.Г., Икрамов Р.К. Изменчивость элементов водного баланса орошаемых земель и их внутригодовое распределение. Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации вып. 166, 1978, с. 29-50.
6. Якубов Х.И., Усманов А.У., Икрамов Р.К. Методика корректирования режима откачек из систем скважин вертикального дренажа. Механизация хлопководства, 1976, № 10, с. 10-12.

XXX
XXX

В.М. Легостаев, доктор техн. наук, профессор
**О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА
ПОЧВАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАСОЛЕНИЮ**

Публикуемая ниже статья В.М. Легостаева отличается совершенно нетривиальными подходами к решению проблемы устойчивого рассоления земель. Хотя она, на первый взгляд, поражает необычным - предложение о достижении опреснения не сверху вниз, а снизу вверх, - сама по себе необходимость увязки решения задачи снижения минерализации почвогрунтов с задачей опреснения грунтовых вод, при этом необратимого, совершенно правильна.

Возможность такого опреснения за счет усиленного искусственного дренирования подсказывается нам самой природой, так как в зоне усиленного естественного дренажа подземные и грунтовые воды всегда опреснены. Правильно и то, что нынешнее опреснение "подушки" сверху, практикуемое в Хорезме, создает, по сути, неустойчивое мелиоративное благополучие, которое легко нарушить, о чем убедительно свидетельствуют последние данные.

Ясно, что направление усиленной дренированности в целом совершенно справедливо. Весь вопрос в том, каким дренажем следует добиваться этого усиленного дренирования и до какой интенсивности. Не считая возможным согласиться, что этот усиленный дренаж должен быть обязательно мелким, необходимо подчеркнуть, что в отдельных случаях он может быть конструктивно правильным. Вопрос в том, каковы эти условия и до какой степени следует усиливать дренированность.

Бесспорно однако то, что если бы освоение сельскохозяйственных грунтов, аналогичных второй очереди освоения Юго-восточного массива, проводилось на базе глубокого, учащенного в 2-2,5 раза, дренажа, принятого исходя из эксплуатационного режима, освоение этих земель шло бы намного успешнее.

Публикуя в порядке обсуждения статью проф. В.М. Легостаева, редакция надеется, что она заставит инженеров и мелиораторов, работающих в области дренажа, по-новому оценить свои традиционные подходы к опреснению земель, исходя из взаимодействия почвы, грунтовых вод и системы орошения.

Директор САНИИРИ В.А. ДУХОВНЫЙ

Площади засоленных и подверженных засолению земель в республиках Средней Азии и Казахстане измеряются миллионами гектаров. По материалам крупномасштабных почвенных съемок Узгипрозема и отчетам мелиоративной службы ММВХ УзССР, из орошаемой площади в 1977 г. в различной степени засоленных было 32,5%. Как правило, все земли нового орошения, а также подлежащие орошению, в ближайшие годы или уже засолены, или подвержены засолению.

производственная практика Хорезма, Бухары, Ферганской долины и других мест, это может длиться сотни и тысячи лет. Эти мелиоративные мероприятия (промывка на фоне дренажа или при низком коэффициенте земельного использования без дренажа) при соответствующей агротехнике позволяют получить высокие урожаи высеваемых культур, но не дают возможности избавиться от засоления навсегда, так как толща напорных минерализованных грунтовых вод и грунтов остается засоленной.

Например, если оставить орошаемые земли в зоне рассеивания без орошения, то почвы снова начнут засоляться. При посеве и орошении сельхозкультур, даже риса, процесс реставрации засоления может растянуться на 3...5 лет. Надежным средством борьбы с засолением почв является хорошо рассчитанный, правильно построенный и эксплуатируемый дренаж.

До сих пор дренаж орошаемых земель для борьбы с засолением почв проектируется и строится без учета требований растений, водообеспеченности ирригационных систем, климатических условий, закономерности передвижения солей на междуреньях, времени, которое потребуется для полного опреснения почв и, самое главное — грунтовых вод.

Основная задача в современном проектировании сводится к "отрыву" и отводу грунтовых вод из всей корнеобитаемой зоны растений ("критическая глубина"), недопущению "пополнения" их фильтрационной водой путем применения дорогостоящих одежд каналов и соответствующей техники полива, что не всегда и не везде выполнимо, а зачастую и ненужно.

При проектировании дренажа и промывок первостепенное значение необходимо уделять отводу солей. Вода же в данном случае должна являться транспортирующим средством, до отказа загруженным солями. Настало время в корне пересмотреть практику проектирования и строительства дренажа на почвах, засоленных и подверженных засолению.

На первое место здесь нужно ставить высокий и прогрессивно возрастающий урожай всех высеваемых культур, ради которого строится дренаж. Дренаж является техническим средством для получения высоких урожаев, таким, каким является любая почвообрабатывающая или уборочная сельскохозяйственная машина.

Поэтому строительство дренажа необходимо осуществлять согласно хорошо разработанным агротехническим требованиям.

В состав требований должно входить скорейшее и безвозвратное опреснение почв и, самое главное, грунтовых вод, с учетом наименьших эксплуатационных затрат на выращивание урожая, материальных средств, поливной воды, труда на производство поливов и послеполивных обработок.

Стремление "оторвать" грунтовые воды от корнеобитаемого слоя растений без учета всех остальных требований ошибочно и трудно выполнимо. Без учета напорности высота капиллярного поднятия варьирует от 100 до 150 см на супесчаных почвах и от 400 до 600 см на суглинках и глинах. Для выполнения этих условий требуемая глубина закладки первичных дренажей — не менее 5...6 м. С учетом напорности глубина заложения будет больше.

Недопонимание процессов, происходящих в природе, влечет за собой ряд ошибок, неоправданных действий, которые могут дорого обходиться стране, затягивают сроки освоения новых земель, мешают дальнейшему поднятию плодородия почв, требуют лишних затрат, труда, поливной воды, материальных средств для получения требуемого урожая.

Опытный горизонтальный закрытый дренаж, построенный в 1929 г. на Центральной мелиоративной станции в Голодной степи (ЦОМС), глубиной в среднем 2,5 м, с междренными расстояниями от 100 до 265 м и более, до сих пор не избавил почвы и грунтовые воды от засоления, и каждый агротехнический промах на его фоне отрицательно сказывается на урожае.

Орошаемое земледелие в Хорезме, Бухаре, Туркмении насчитывает не одно тысячелетие, и все же земледельцы этих мест на полях не создали надежных опресненных "подушек" грунтовых вод и вынуждены ежегодно применять профилактические промывные поливы нормой от 2,0 до 4,0 тыс. м³/га, без которых немислимо получение высоких урожаев.

Необходим такой дренаж, при помощи которого за один сезон можно было бы настолько рассолить любые почвы, чтоб в первый же год освоения получить достаточно высокие урожаи. В дальнейшем создать луговой процесс с полностью рассолёнными грунтовыми водами и почвами, избавить земледельцев от

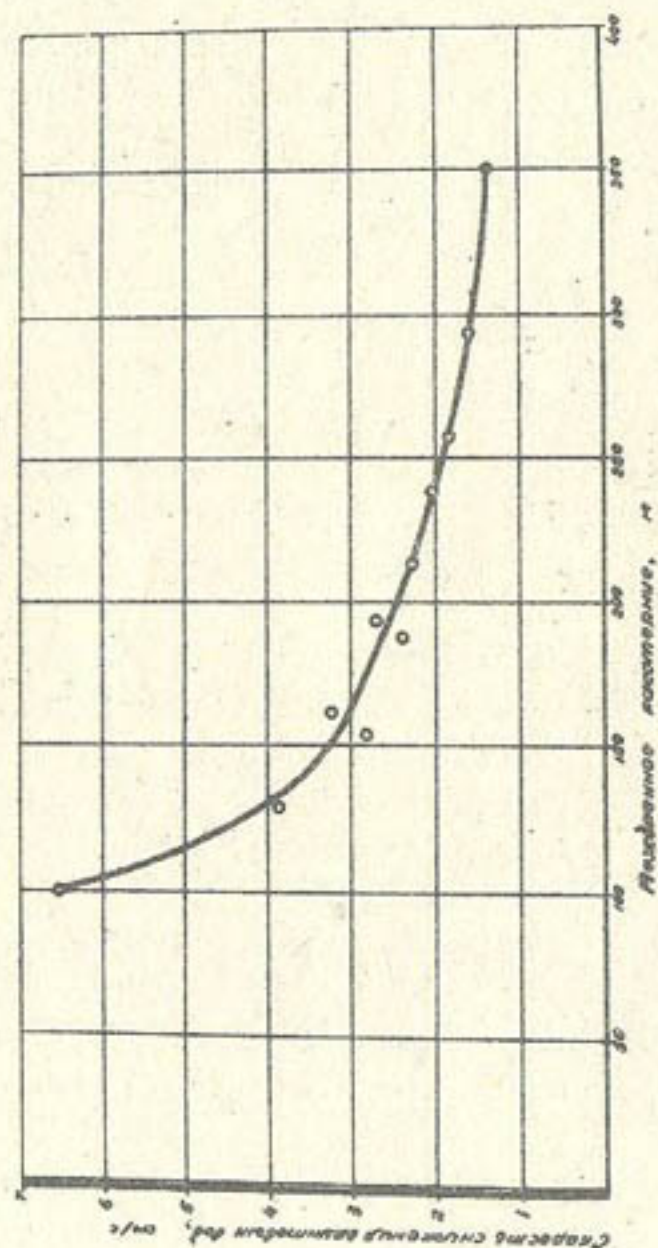


Рис.2. График среднесуточной скорости снижения уровня грунтовых вод после промывок в зависимости от междреннего расстояния (по данным исследований на Федченковском опытном поле).

3,2 м с междренним расстоянием от 116 до 310 м и мелких — от 0,8 до 1,0 м с междренним расстоянием от 25 до 35 м. Удельная водоподача на орошение нетто варьировала от 15,4 до 17,5 тыс.м³/га.

Отвод грунтовых вод мелким дренажем составил от 67 до 88%, а глубоким — от 12 до 33% от водоподачи. Соответственно дренажный модуль глубокого дренажа колебался от 0,24 до 0,53 л/с.га, а мелкого — от 0,56 до 1,12 л/с.га (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Дренажный модуль глубокого и мелкого дренажа при культуре риса

Участок	Дренажный модуль, л/с.га	
	глубокий	мелкий
1	0,53	1,12
2	0,49	0,56
3	0,24	0,68

В результате посева риса на первом участке рассоление почвогрунтов до кондиции 0,015% по хлор-иону произошло на глубину 1 м, а на глубоком — только в слое 0...40 см.

Установлено, что за период орошения риса при глубоком дренаже с междренними расстояниями $B = 180$ м солей было удалено в 6 раз меньше, чем при мелком и частом.

По данным опытов, проведенных в совхозе 5, за период промывки с 25.IX по 15. I мелким дренажем с междренними расстояниями 10-20 м отведено 11,8 тыс.м³/га грунтовой воды, или 60,5% от водоподачи на промывку. С этим количеством воды было удалено 166 т/га солей. Глубокий и расположенный редко дренаж за тот же период отвел лишь 3,32 тыс.м³/га воды. Даже в этих условиях преимущество по рассолению почв остается за расстоянием между дренами 10 м.

Характер конечного рассоления почвогрунтов после посева риса, получившего оросительную норму воды 12800 м³/га нетто, на фоне мелкого $h = 0,8...1,0$ м дренажа с междренним расстоянием $B = 35$ м и глубокого $h = 2,8...3,2$ м с междренним расстоянием $B = 310$ м (совхоз 26, участок 4) свидетель-

грунтовых вод, а следовательно, и почв шло бы гораздо быстрее, потому что частый дренаж отводит больше грунтовых вод и солей.

Для увеличения дренажного модуля напором, каналами, проходящими в земляном русле, их выгодней располагать в середине междуренья. Безвозвратное опреснение грунтовых вод, грунтов и почв в конечном итоге приведет к луговому процессу без засоления почв, при котором отпадает потребность в систематическом проведении промывных поливов.

По данным многолетних опытов, проведенных в различных условиях Средней Азии, и производственной практики известно, что наивысшие урожаи хлопка, сена люцерны и других культур получают тогда, когда опресненные грунтовые воды залегают в пределах 1...2 м от поверхности земли. При таких глубинах затрачивается наименьшее количество поливной воды и труда на выращивание урожая. Такая равномерная глубина на междуреньях и должна поддерживаться дренажем в производственных условиях.

Для экономии земельной площади горизонтальный дренаж должен быть закрытым, высокодебитным, устойчивой конструкции при любых условиях эксплуатации, без оставления защитных надреных полос, и постоянным, а не временным, так как с оросительной и грунтовой водой ежегодно на каждый орошаемый гектар поступает не меньше 20 т солей.

Такой дренаж по нашему проекту построен на площади 300 га на Ферганской (Федченковской) опытной станции и безотказно работает свыше двух десятков лет. Практически засоленных почв на станции не осталось. На ее землях получают высокие и прогрессивно возрастающие урожаи всех высеваемых сельскохозяйственных культур.

Ставится под сомнение укоренившееся мнение, что борьба с засолением почв может вестись только с применением глубокого (более 3 м) дренажа с междренными расстояниями 200...400 м.

XX
XX

Х.И.Якубов, канд.техн.наук,
Р.К.Икрамов, канд.техн.наук,
М.У.Азенов

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ УХУДШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ И ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕГО ПОВЫШЕНИЮ

Для мелиорации земель в Средней Азии в современных условиях широко используется вертикальный дренаж. Металлические обсадные трубы, из которых построены действующие системы вертикального дренажа (СВД), в процессе эксплуатации испытывают воздействие подземных вод, агрессивных по отношению к металлу. Кроме того, на многих скважинах из-за невысокого качества строительства происходит процесс пескования, что в сочетании с агрессивной средой приводит к быстрому износу насосно-силового оборудования и снижению коэффициента работы системы (КРС). Исследованиями Х.И.Якубова, Т.Джалиловой выявлено, что с увеличением срока службы скважин дебиты их постепенно снижаются вследствие физико-химических процессов, протекающих в фильтре и в прифильтровой зоне скважин. Снижение дебита скважин в аридной зоне подчиняется экспоненциальной закономерности, установленной ранее для гумидной зоны [1,2]:

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\beta t} \quad (I)$$

где Q_t - дебит скважины в рассматриваемый момент времени t ;

Q_0 - начальный дебит скважины;

β - коэффициент "старения" скважины.

Ухудшение работоспособности ("старение") и снижение КРС скважин на ряде старых систем приводит к подъему грунтовых вод и, как следствие, к реставрации засоления почв (Пахтааральский и

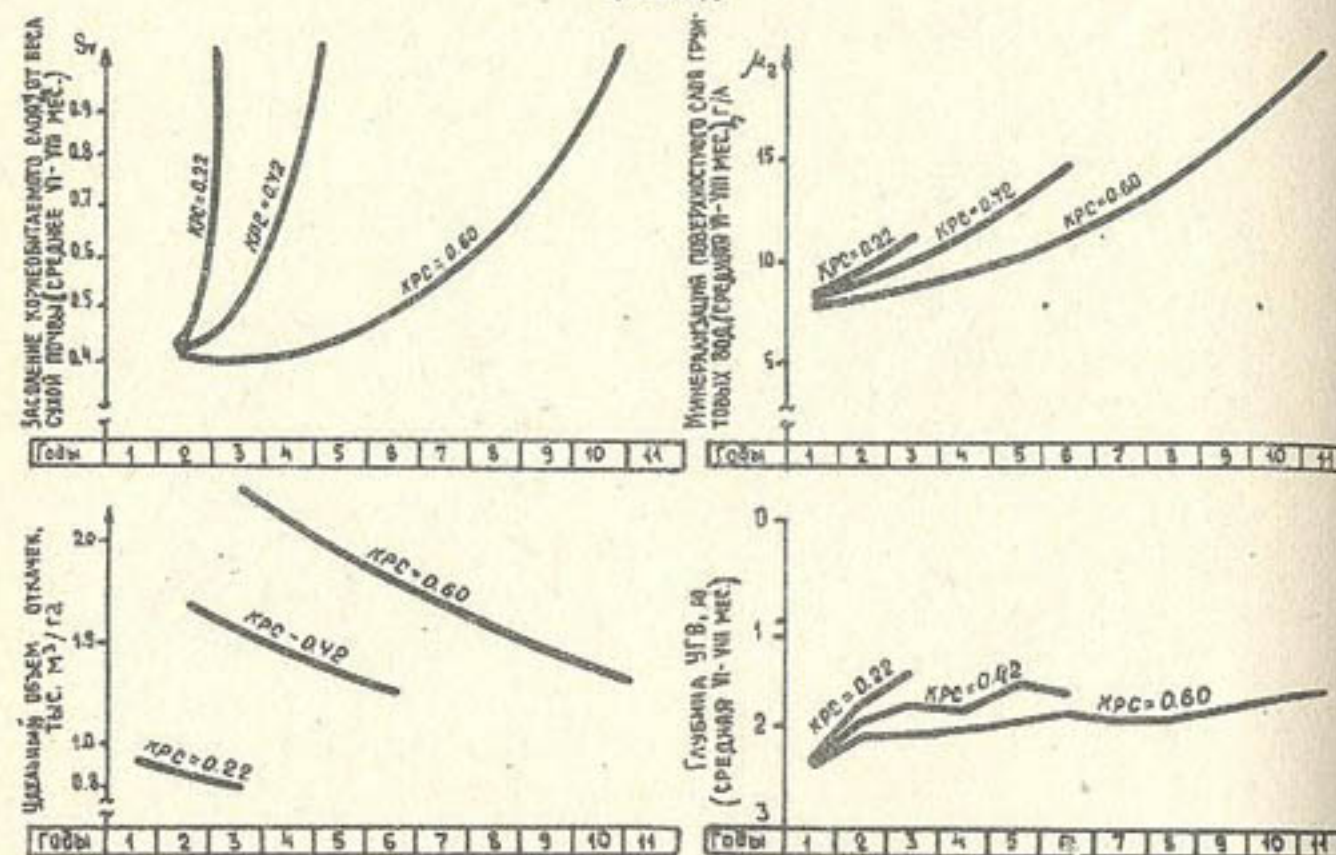
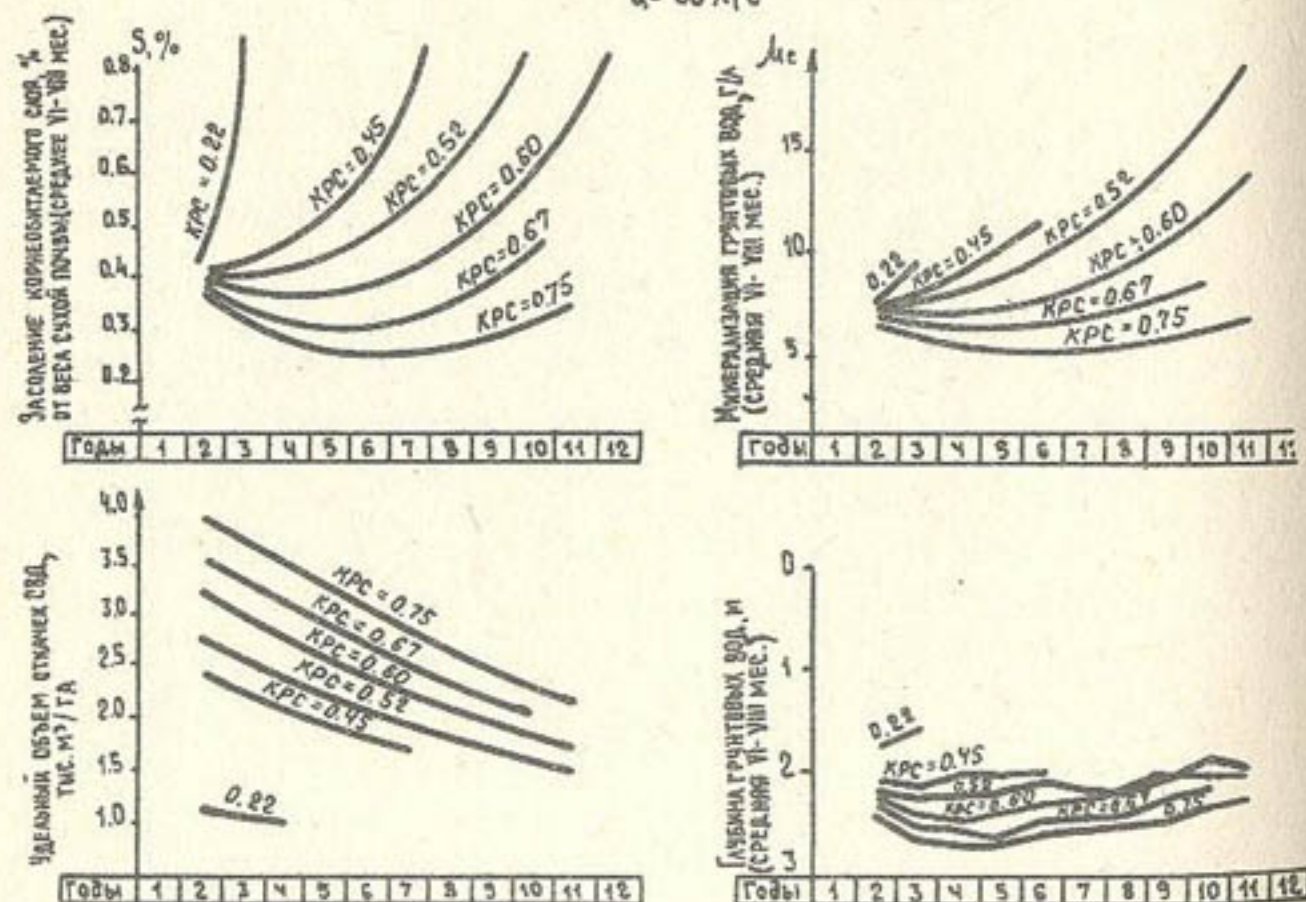
Пахтааральский район
Q = 30 л/сДжетысайский район
Q = 38 л/с

Рис.2. Прогноз влияния снижения работоспособности СВД на основные показатели мелиоративного состояния земель.

ком районе не предпринять безотлагательных мер по восстановлению дебита скважин и повышению КРС путем улучшения снабжения службы эксплуатации материально-техническими ресурсами и ремонтной базой, реставрация засоления будет происходить нарастающими темпами и земли быстро выйдут из строя. То же самое в ближайшем будущем ожидается в Джетысайском районе. Результаты выполненных расчетов прогноза основных показателей мелиоративного состояния земель позволяют сделать вывод, что в современных условиях для предотвращения отрицательных мелиоративных процессов необходимо одновременно проводить работы по восстановлению дебита старых скважин и повышать КРС. При существующих нормах снабжения ДУЭВД материально-техническими ресурсами и лимитах на электроэнергию КРС не может быть выше 0,25...0,45. Прогнозные расчеты показывают также, что, как бы высоко ни повышался КРС, проведение работ по восстановлению дебита скважин с течением времени является неизбежным.

Х.И.Якубовым и др. на основании изучения надежности элементов скважин вертикального дренажа и влияния уровня надежности СВД на мелиоративное состояние земель разработана методика расчетного обоснования, которая позволяет определить состав и объем материально-технических ресурсов для достижения требуемого уровня КРС [5].

Х.И.Якубовым, А.Абировым, Р.А.Фатрахмановым исследованы также методы восстановления дебита скважин обработкой их химическими реагентами, торпедированием, механической очисткой ершом с последующей эрлифтной прокачкой [6]. При этом коэффициент восстановления дебита скважин

$$K_B = \frac{Q_2}{Q_0} \quad (3)$$

где Q_1 — дебит перед восстановлением; Q — дебит в первоначальный момент ввода в эксплуатацию.

При восстановлении различными способами K_B имел небольшие различия и составлял 0,81...0,912. На основании этих исследований в ближайшие годы в качестве основного метода восстановления дебита скважин эксплуатационными службами рекомен-

$$n' = \frac{\Delta A_B \cdot F_B}{(Q - Q_1) \cdot 86,4 \cdot T \cdot KPC}, \quad (9)$$

где F_B - валовая площадь балансового контура; T - календарная продолжительность работы СВД.

При одинаковых значениях КРС до и после проведения восстановительных работ формулу (9) можно записать в виде:

$$n' = \frac{(Q - Q_t) \cdot n}{Q_2 - Q_1}. \quad (10)$$

Здесь n - количество скважин в системе; Q - средний расход скважины СВД, обеспечивающий заданные темпы рассоления земель, а в эксплуатационный период удовлетворяющий требованиям благоприятного водно-солевого режима (соответствующий критическому дренажному модулю),

$$Q = \frac{A_B \cdot F_B}{n \cdot 86,4 \cdot T \cdot KPC}. \quad (11)$$

С учетом (6) выражения (9) и (10) можно записать в следующем виде:

$$n' = \frac{A_B \cdot F_B}{Q_1 (K_B \cdot e^{\beta t} - 1) 86,4 \cdot T \cdot KPC}, \quad (12)$$

$$n' = \frac{(Q - Q_t) \cdot n}{Q_1 (K_B \cdot e^{\beta t} - 1)}. \quad (13)$$

На рис.3 на примере Пахтааральского и Джетысайского районов показаны результаты расчетов ежегодных объемов восстановительных работ, при которых обеспечивается благоприятный водно-солевой режим почвогрунтов зоны аэрации, в зависимости от уровня КРС.

Как видно из рис.3, ежегодный объем восстановительных работ способом мехочистки по Пахтааральскому району в зависимости от КРС изменяется от 50 скважин при КРС = 0,4 до 22 при КРС = 0,70. При тех же значениях КРС по Джетысайскому району количество скважин, на которых требуется очистка, составляет соответственно 41 и 19. При перебурировании скважин (к чему в настоящее

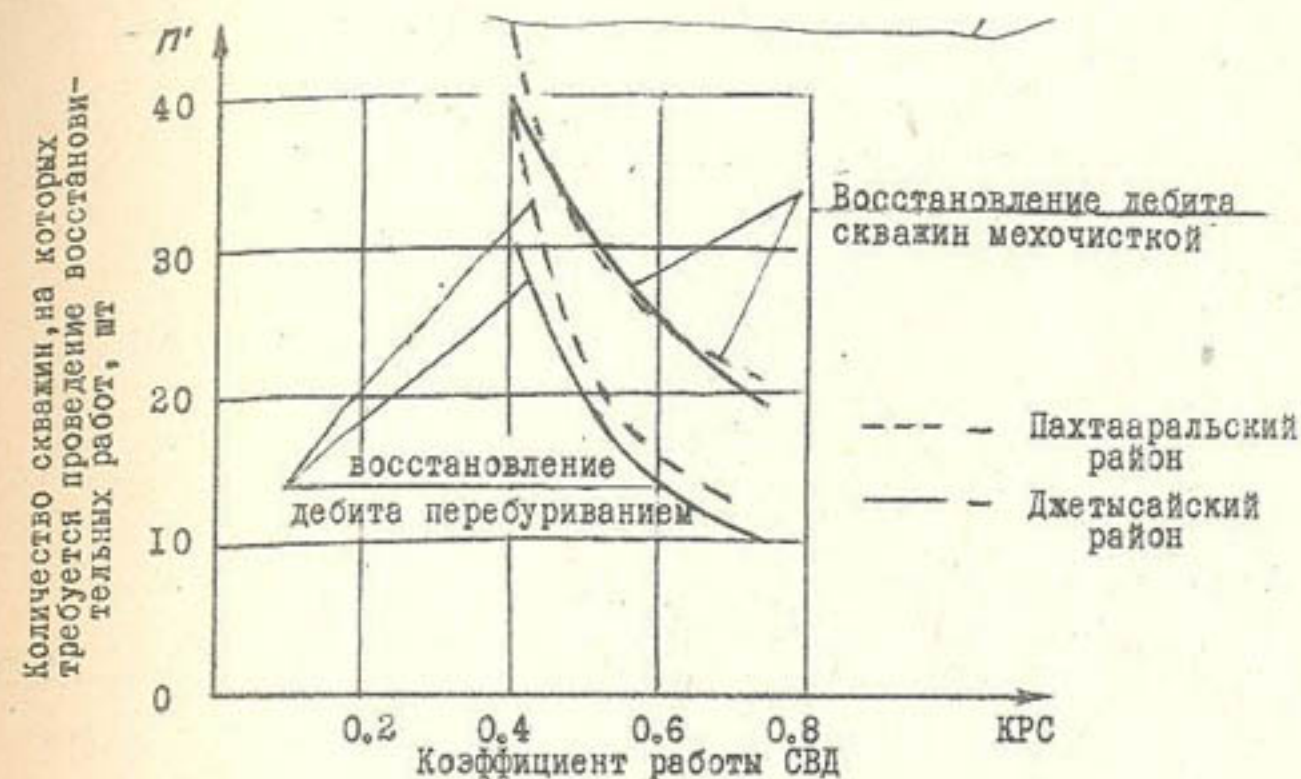


Рис.3.

время склонны эксплуатационные службы) объемы следующие:

по Пахтааральскому району при КРС = 0,4 количество скважин 39, при КРС = 0,7 - 13; по Джетысайскому району при указанных КРС количество скважин, подлежащих перебурированию, составляет соответственно 31 и 10.

Учитывая, что K_B при очистке скважин в среднем составляет 0,89, в современных условиях рациональным является восстановление дебита скважин вместо перебурирования. В то же время очевидно, что проводить бесконечно восстановление дебита скважин способом очистки фильтра от продуктов физико-химической коагуляции невозможно, так как по истечении определенного срока службы очистные работы, по всей вероятности, перестанут давать эффект и скважины потребуются перебурить.

На рис.4 показаны рассчитанные по формуле (6) несколько циклов восстановления дебита скважин очисткой на примере Джетысайского района.

Расчеты проводились при современном уровне КРС = 0,45. Для обеспечения критического дренажного модуля средний расход

в 9 районах из 13 построены и находятся в эксплуатации 220 скважин вертикального дренажа (СВД) с дренируемой площадью 18,66 тыс.га. Здесь действуют такие крупные системы вертикального дренажа, как Андиканская, Балыкчинская и Избаскентская. Их технические характеристики приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I

Технические характеристики построенных СВД

Показатель	Район		
	: Андиканский	: Балыкчинский	: Избаскентский
Количество СВД, шт.	71	52	34
Дренируемая площадь, га	6,686	4,502	7,477
Гидрогеологические условия зоны дренирования СВД	Зоны неглубокого залегания, интенсивного и слабого руслового выклинивания грунтовых вод	Зона неглубокого залегания грунтовых вод	Зоны неглубокого залегания и слабого руслового выклинивания грунтовых вод
Засоленность почв	Незасоленные	Слабо- и среднезасоленные	Незасоленные
Глубина бурения, м	40...50	40...65	40...60
Коэффициент работы систем	0,64...0,71	0,62...0,82	0,44...0,58
Расход скважин, л/с	30...70	30...90	30...85

При фактических показателях работы систем ВД на дренируемой территории в период вегетации уровень грунтовых вод поддерживается в Андиканском районе - 1,40...1,58 м, Избаскентском - 1,54...1,80 м, Балыкчинском - 1,54...2,08 м, в невегетационный период - 1,40...1,6; 1,76...2,0; 1,72...2,14 м, соответственно.

Минерализация грунтовых вод в 1980 г. на землях Андиканского и Избаскентского районов не превышала 3,0 г/л, в Балыкчинском районе земли с минерализацией 3,0 г/л и менее составляли 72,7...87,5% от общих орошаемых площадей. На остальной территории минерализация грунтовых вод была более 3,0 г/л. В пос-

ледующие годы наблюдалось их опреснение. В 1982 - 1984 гг. площади с минерализацией более 3,0 г/л уменьшились с 27,3...12,48 (1980 г.) до 0,57...4,07% от площади брутто района.

Минерализация подземных вод и вод, откачиваемых скважинами вертикального дренажа, составляет в основном 0,5...1,5 г/л, поэтому они могут быть использованы на орошение сельскохозяйственных культур и в осенне-зимний период.

Все это свидетельствует о том, что действующие системы скважин вертикального дренажа оказали положительное влияние на мелиорацию засоленных и заболоченных земель, т.е. способствовали снижению напорности подземных вод до 0,1...0,3 м.

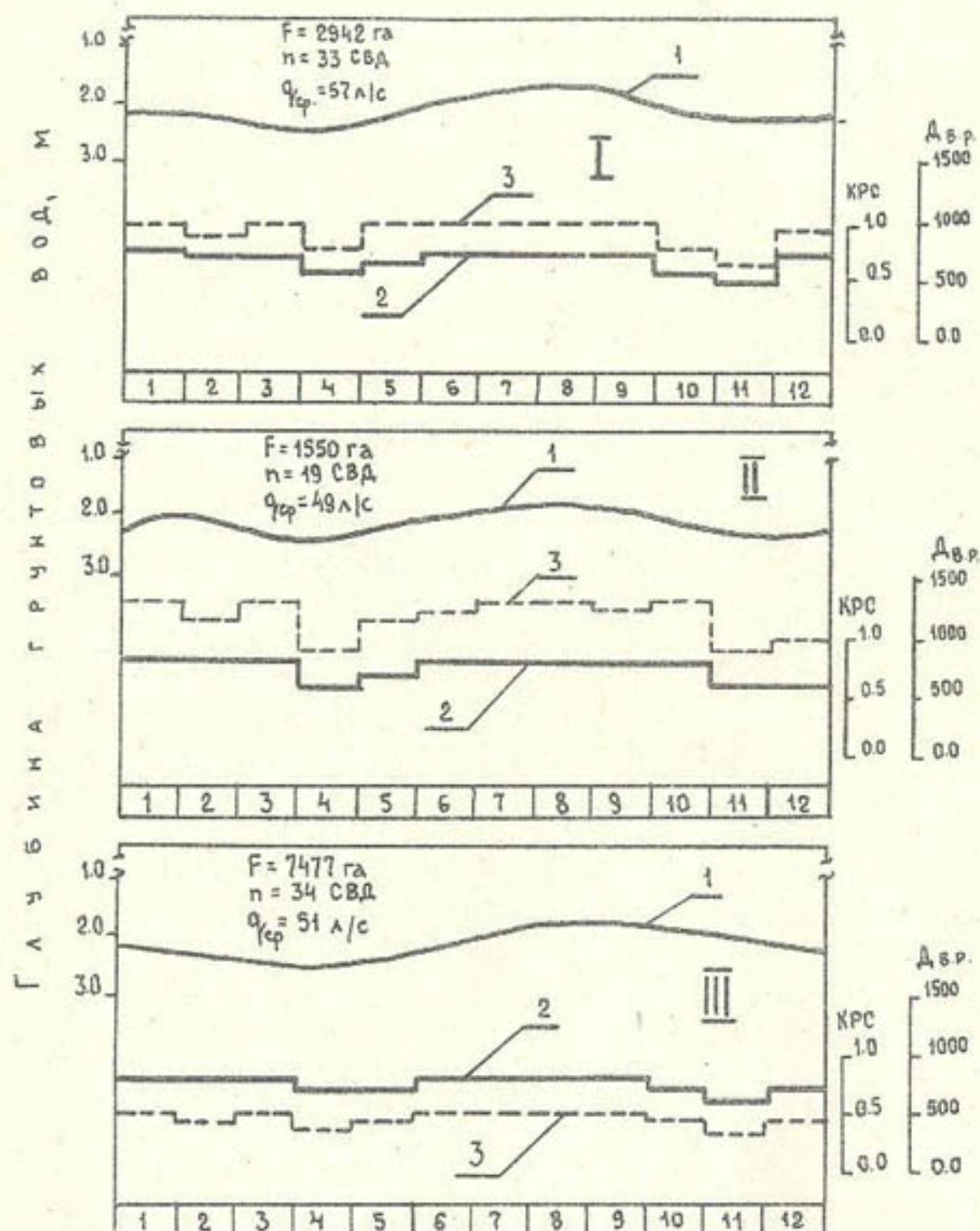
Следует отметить, что проектирование и строительство скважин вертикального дренажа в староорошаемой зоне выполняются на землях, где существует открытый горизонтальный дренаж с различной удельной протяженностью.

Действующие системы вертикального и горизонтального дренажа (Избаскентский и Андиканский районы, первый участок Балыкчинского района) в целом создают благоприятные мелиоративные условия в зонах их действия. Вместе с тем встречаются и такие участки, где грунтовые воды залегают близко к поверхности земли, что обусловлено низким уровнем эксплуатации систем вертикального дренажа.

На второй системе СВД Балыкчинского района, расположенной вдоль Большого Андиканского канала (БАК), в период максимального пропуска воды горизонт ее поднимается до поверхности земли, что вызывает увеличение притока воды со стороны канала к прилегающим территориям. Действующие скважины ВД не в состоянии обеспечить снижение уровня грунтовых вод в оптимальных пределах.

Одним из важнейших условий получения высокого мелиоративного эффекта на орошаемой территории является надежность и эффективность работы систем вертикального дренажа. Для этого необходима правильная организация технического обслуживания, ремонтно-восстановительных работ и эксплуатации систем [1,2].

В условиях Андиканской области эксплуатация и ремонтно-восстановительные работы по системам вертикального дренажа осуществляются районными эксплуатационными участками, находящимися в подчинении отдела вертикального дренажа Управления



Показатели режимов откачек скважин вертикального дренажа по системе Балыкчинского района: I - балансовый контур № I; II - балансовый контур № 2 вдоль БАК; III - по системе Избаскентского района.

I - глубина грунтовых вод (прогнозная); 2 - коэффициент работы системы (КРС); 3 - объем откачиваемых вод ($D_{\text{в.р.}}$), $\text{м}^3/\text{га}$

Таблица 2
Прогнозные водно-солевые балансы грунтовых вод на территориях, мелиорируемых системами вертикального дренажа

Элементы : баланса :	Балыкчинский район				Избаскентский район	
	контур I		контур 2		район	
	$\text{м}^3/\text{га}$	т/га	$\text{м}^3/\text{га}$	т/га	$\text{м}^3/\text{га}$	т/га
	1769	0,97	1745	0,94	1693	0,61
	-	-	5548	2,11	-	-
	7688	6,54	8094	6,88	2512	1,21
	1800	2,70	2269	3,40	4513	4,51
	4125	2,72	3938	2,56	3417	1,74
	3559	2,49	-773	0,50	1815	0,91
	0	-3,06	0	-5,17	0	-2,46

орошаемых территорий, их следует также эксплуатировать по усиленному режиму откачек.

Кроме того, для улучшения мелиоративного состояния данной территории и осушения поселка Чинабад необходимы дополнительные мероприятия по увеличению дренированности территорий, обеспечивающие понижение уровня грунтовых вод.

Система вертикального дренажа в Избаскентском районе построена с большим междренним расстоянием, особенно на территории колхоза "XX партсъезда" и "Узбекистан". Дрены работают как одиночные, большая нагрузка на этих территориях приходится и на открытый горизонтальный дренаж. Поэтому для достижения проектного (прогнозного) уровня дренирования необходимо улучшить техническое состояние существующей коллекторно-дренажной сети.

Таким образом, эксплуатация систем скважин вертикального дренажа по разработанному режиму откачек дает возможность планировать не только график их работы по месяцам и в течение года, но и текущие ремонты всего комплекса. Кроме того, он создает благоприятные условия для повышения плодородия почв, способствует увеличению урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Список использованной литературы

1. Инструкция по эксплуатации систем (скважин) вертикального дренажа/ММИВХ СССР, Союзводпроект. - М.: 1976. - II 2с.
2. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. - М.: Колос, 1978. - 340с.
3. Руководство по проектированию режима работы систем вертикального дренажа для условий Средней Азии/ММИВХ СССР. - Ташкент, 1977.

Т.У.Бекмуратов, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЫВОК ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДОЙ В УСЛОВИЯХ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В решениях октябрьского (1984 г.) Пленума ЦК КПСС подчеркивалось, что решающим фактором дальнейшего подъема сельского хозяйства, устойчивого наращивания продовольственного фонда страны является мелиорация земель, в первую очередь засоленных. Повышение их продуктивности, как правило, достигается путем промывного режима орошения в период вегетации.

В настоящее время из 332 тыс. га орошаемых земель Ферганской области 43...47% имеют среднюю и выше средней степени засоления. Ежегодно здесь проводится эксплуатационная промывка разными нормой и минерализацией.

По данным ММИВХ УзССР, в Ферганской области в 1977-1981 гг. на промывку засоленных земель использовали подземные воды, откачиваемые из скважин вертикального дренажа в объеме 41...164,4 млн. м³ в год с минерализацией 1...3 г/л, из коллекторно-дренажного стока - 34...127 млн. м³ с минерализацией 1,5...4,0 г/л и более. За эти годы площади, промытые дренажной водой, составили 19...30 тыс. га, а промывная норма 3540...4750 м³/га, местами она уменьшалась до 1500...2000 м³/га.

Для того чтобы установить промывной эффект эксплуатационных промывок слабоминерализованной дренажной водой при различ-

ных почвенно-мелиоративных условиях выбрали несколько участков (опытные площадки), на которых замеряли фактические промывные нормы (подаваемые хозяйствами) и определяли минерализацию промывных и грунтовых вод. Образцы почв отбирали до и после промывок.

Результаты промывок дренажной водой с минерализацией 3,0...3,2 г/л, проведенных в 1982 г. на территории хозяйства № 12 Кызылтепинского массива, показали:

на слабозасоленных землях тяжелого механического состава почв (при норме промывки 2500 м³/га) запасы солей по плотному остатку увеличились соответственно по всем компонентам и во всех расчетных слоях. Так, сумма солей возросла с 0,58; 0,45 и 0,94 до 0,86; 0,689 и 1,384% в одно-двух- и трехметровом слоях почвы;

на землях среднего механического состава почв при норме промывки 2550 м³/га (второй участок) и 2060 м³/га (третий участок) опреснение почв наблюдалось почти во всех расчетных слоях.

Следует отметить, что перед промывкой на всех трех участках глубина грунтовых вод составляла 2,50...2,60 м.

Влияние промывок засоленных земель минерализованной водой на количественный и качественный состав легкорастворимых солей, а также на питательные элементы, содержащиеся в почвогрунтах и грунтовой воде, изучали путем проведения промывок водой с различной минерализацией и разной нормой.

Опыты проводили на опытно-производственных участках с открытым и закрытым горизонтальным дренажем на территории одного хозяйства. Территории опытных участков имели идентичные литолого-гидрогеологические, почвенно-мелиоративные и водохозяйственные условия. Почвы верхнего трехметрового слоя представлены сверху небольшой мощностью супесей и легкого суглинка, на глубине они переходят к средним и тяжелым суглинкам. Местами встречается прослойка глин, затрудняющая процесс вымыва солей из почвы.

На участке открытого горизонтального дренажа промывки проводили минерализованной дренажной водой нормой 1000, 2000, 3000 м³/га и допромывкой - 1000, 2000, 3000 м³/га. На участке

закрытого горизонтального дренажа для сопоставления мелиоративной эффективности промывок пресной поверхностной и минерализованной дренажной водой засоленные земли промывали пресной поверхностной водой нормой 2000, 4000 и 6000 м³/га (табл. I).

Т а б л и ц а I
Условия проведения опытных промывок

Вариант	Промывная норма, м ³ /га			Место проведения опытов	
	Всего	в том числе			
		минерализованной водой	пресной водой		
I	2000	1000	1000	Участок открытого	
2	4000	2000	2000	горизонтального	
3	6000	3000	3000	дренажа	
4	2000	-	2000	Участок закрытого	
5	4000	-	4000	горизонтального	
6	6000	-	6000	дренажа	

Опытные промывки на участке открытого горизонтального дренажа проводили дренажной водой с минерализацией 3,81...4,32 г/л по сумме солей, Cl^- - 0,25...0,29, SO_4^{2-} - 2,5...2,72, $Na^+ + K^+$ -

0,59-0,63 г/л. По химическому составу вода на этом участке по катионам относится к натриево-магниевому-кальциевому типу, по анионам - к сульфатно-хлоридному; на участке закрытого дренажа - к кальциево-магниевому-натриевому и к сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридному.

Минерализация грунтовых вод на промываемых площадках перед промывкой в вариантах 1,2,3 по сумме солей изменялась от 3,71 до 4,13 г/л, по иону хлора - от 0,11 до 0,24, по SO_4^{2-} - от 2,4 до 2,70 г/л.

После промывки минерализация грунтовых вод увеличилась, соответственно, по сумме солей от 3,85 до 7,44 г/л, по иону хлора - от 0,22 до 0,93, по SO_4^{2-} - от 2,50 до 4,20 и по $Na^+ + K^+$ - от 0,34 до 1,41 г/л.

На участке, где промывку проводили пресной поверхностной водой, минерализация грунтовых вод перед промывкой составляла по сумме солей 4,5...21,79 г/л, по Cl^- - 0,11...5,27,

по SO_4^{2-} - 3,10...11,5, по $Na^+ + K^+$ - 0,33...5,044. После промывки во всех вариантах и по всем компонентам минерализация уменьшилась по сумме солей до 4,01...10,76 г/л, по Cl^- - до 0,1...1,32, по SO_4^{2-} - до 2,71...7,90 и по $Na^+ + K^+$ - до 0,276...2,19 г/л.

Химический состав грунтовой воды на участке открытого дренажа по анионам после промывки изменялся от собственно-сульфатного к сульфатно-хлоридному, по катионам - от кальциево-натриево-магниевому к натриево-магниевому-кальциевому, что свидетельствует об ухудшении качественного состава солей грунтовой воды.

В вариантах 4,5,6 качественный состав грунтовой воды по содержанию анионов существенно не изменился, т.е. остался сульфатно-хлоридным, по катионам с натриево-магниевым-кальциевым перешел к магниевому-натриево-кальциевому.

Земли опытных участков перед промывкой имели слабую и среднюю степени засоления. Сумма солей в почве на участке открытого горизонтального дренажа в верхнем метровом слое изменялась от 0,8 до 1,15% от сухой массы почв, по иону хлора - от 0,03 до 0,23, по сульфат иону - от 0,56 до 0,79, по натрию - от 0,026 до 0,043%. На участке закрытого дренажа - 1,03...1,73% по сумме солей, 0,004...0,102 - по иону хлору, 0,72...1,13 по сульфат иону, 0,011...0,27% по натрию. В верхних отдельных горизонтах содержание солей в почве (на обоих участках) превышало 2%.

В период промывок в варианте I опреснение почвогрунтов происходило в верхнем двухметров

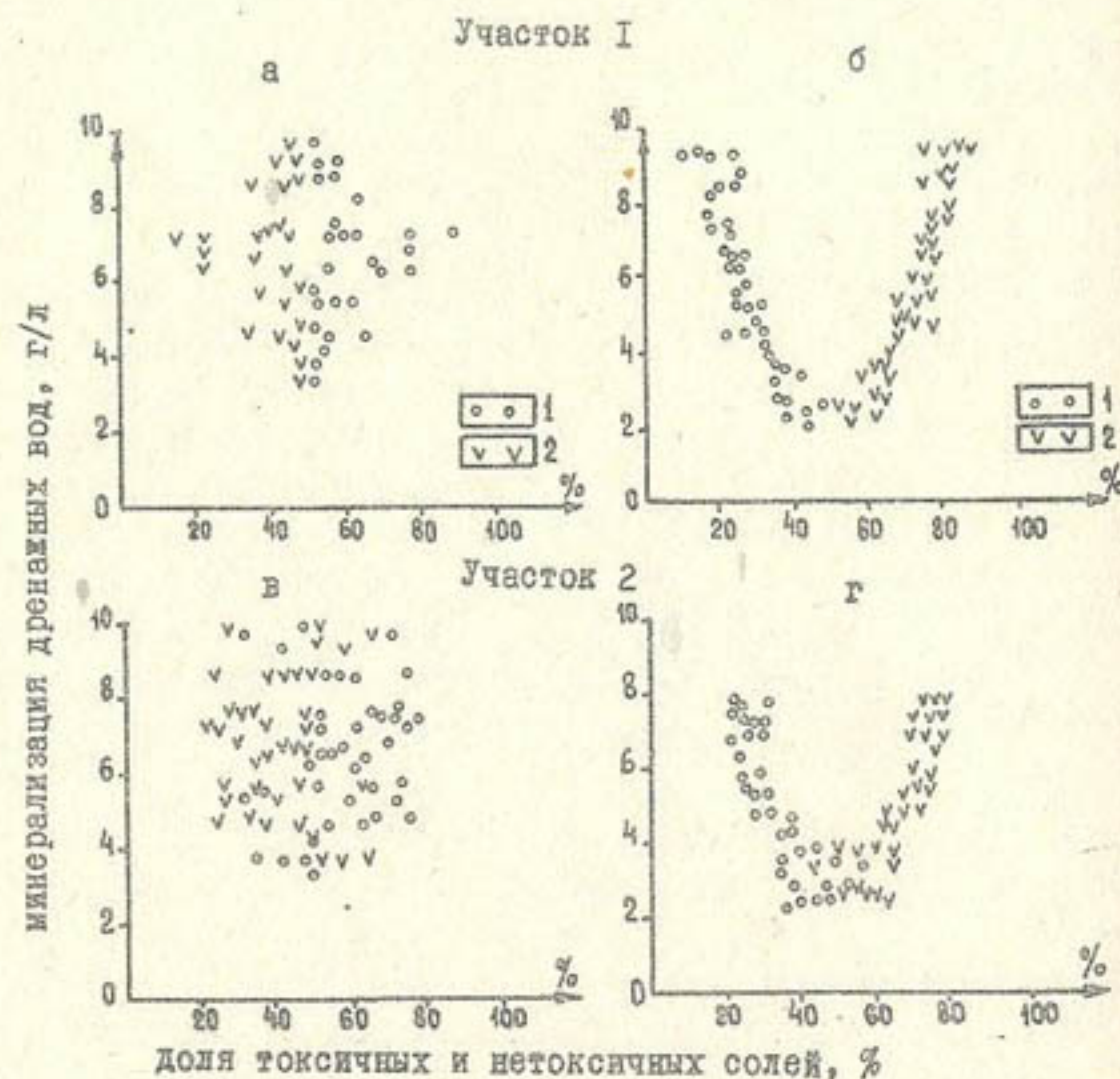


Рис. 1. Изменение соотношения токсичных и нетоксичных солей в коллекторно-дренажных водах на опытно-производственных участках: а, в – в исходном состоянии; б, г – в процессе освоения под влиянием орошения и дренажа; 1 – сумма нетоксичных солей, % от суммы солей; 2 – сумма токсичных солей.

Под влиянием поливов в первое время произошел интенсивный вынос токсичных солей (Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $NaCl$) из почвогрунтов (так как эти соли более подвижны и растворимы), в результате чего резко увеличилось их относительное содержание в дренажной воде при сохранении высокой минерализации. Содержание $CaSO_4$ уменьшилось более чем в два раза и его величина колебалась в пределах 12...30%. Количество солей Na_2SO_4 увеличилось с 5...17 до 35...42%, $MgSO_4$ – с 12...23 до 25...30%, $NaCl$ – с 5...17 до 17...25%. На обоих участках, как видно из

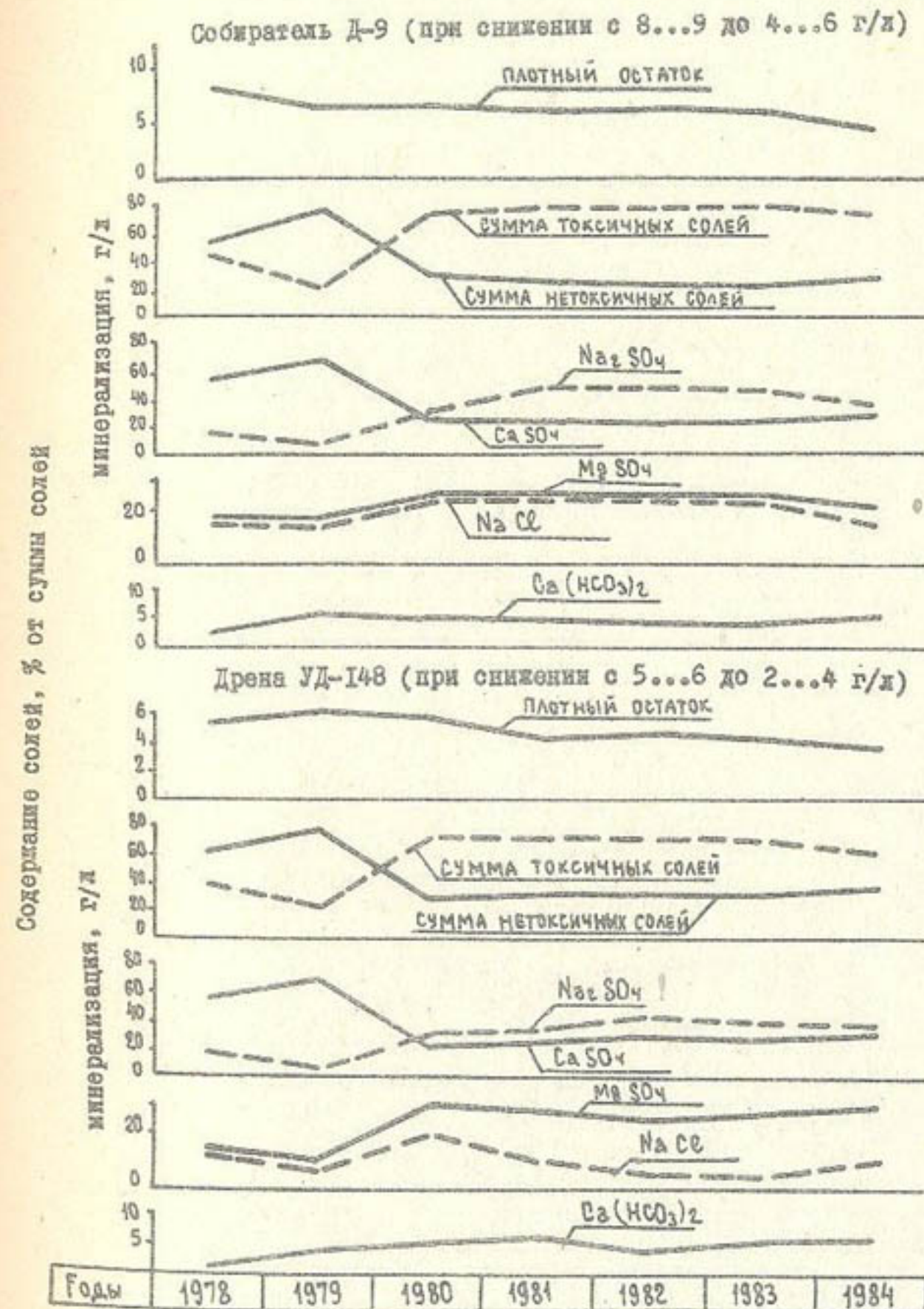


Рис. 2. Изменение состава солей в дренажных водах в процессе их опреснения в результате выноса токсичных солей из почвогрунтов на участке 1.

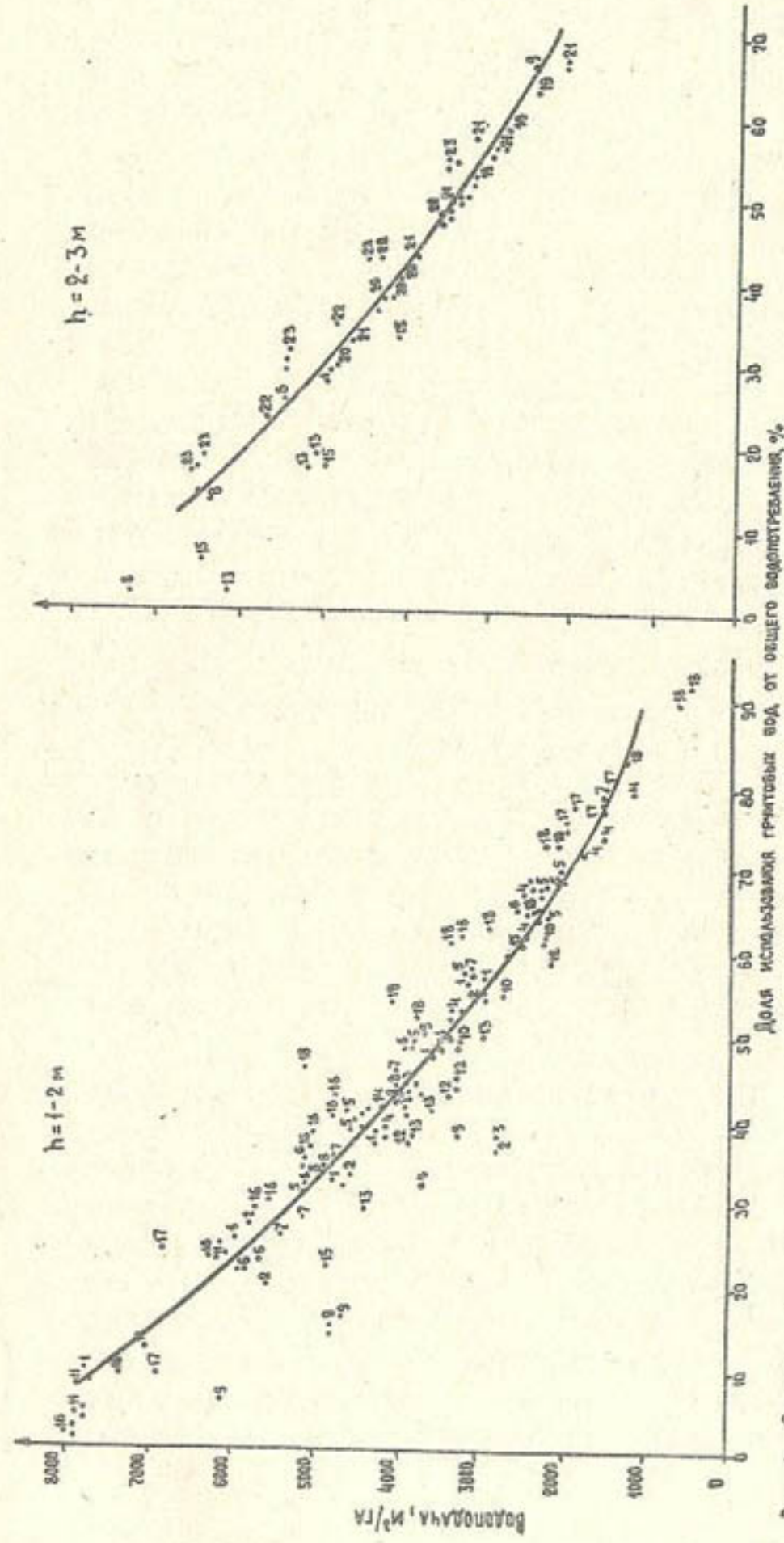


Рис. 1. Зависимость водоподдачи от использования грунтовых вод.

Данные полевых исследований:

- 1. С. Н. Артюхов (1937-1938-1940 гг.) - Хорезмская область; 2. М. П. Меринс (1956 г.) - Хорезмская область; 3. Нуритдинов (1950 г.) - Хорезмская область; 4. Захаров (1957 г.) - Хорезмская область; 5. Н. Н. Таран - Среднеазиатские по Чарджоунской опытной станции; 6. М. Д. Медис (1956-1958 гг.) - Бухарская опытная станция; 7. А. С. Епикина (1959, 1967-1968 гг.) - Бухарская опытная станция; 8. Ф. Габдрахимова (1967-1968 гг.) - Бухарская опытная станция; 9. В. В. Кочетков - Андриканская область; 10. М. Бармаев (1966 г.) - Самаркандская область; 11. А. З. Амиркулов (1973-1978 гг.) - Самаркандская область; 12. А. Худайкулов - Учхоз Ташхат; 13. М. Окмиев (1963-1964) - Ферганская опытная станция; 14. Н. Ф. Бесланов, Юнусов (1954-1956 гг.) - Пахтааральская область; 15. А. Хандаров (1964-1967 гг.) - совхоз "Голодная степь"; 16. А. Хандаров (1965-1967 гг.) - Марыйская опытная станция; 17. А. У. Чисанов (1961-1962 гг.) - Ферганская область; 18. Д. Д. Набокунов, М. И. Юмиевский, Н. К. Юсупов (1963-1965 гг.) - Чийская долина; 19. М. Азимов (1970 г.) - КК СР; 20. Н. Камаев (1962-1967 гг.) - КК СР; 21. Мирзаев (1968-1969 гг.) - КК СР; 22. Демидов (1958 г.) - Бухарская опытная станция; 23. А. Н. Самаркин (1947 г.) - Самаркин, водотрасса - среднеазиатские по ирригационной станции.

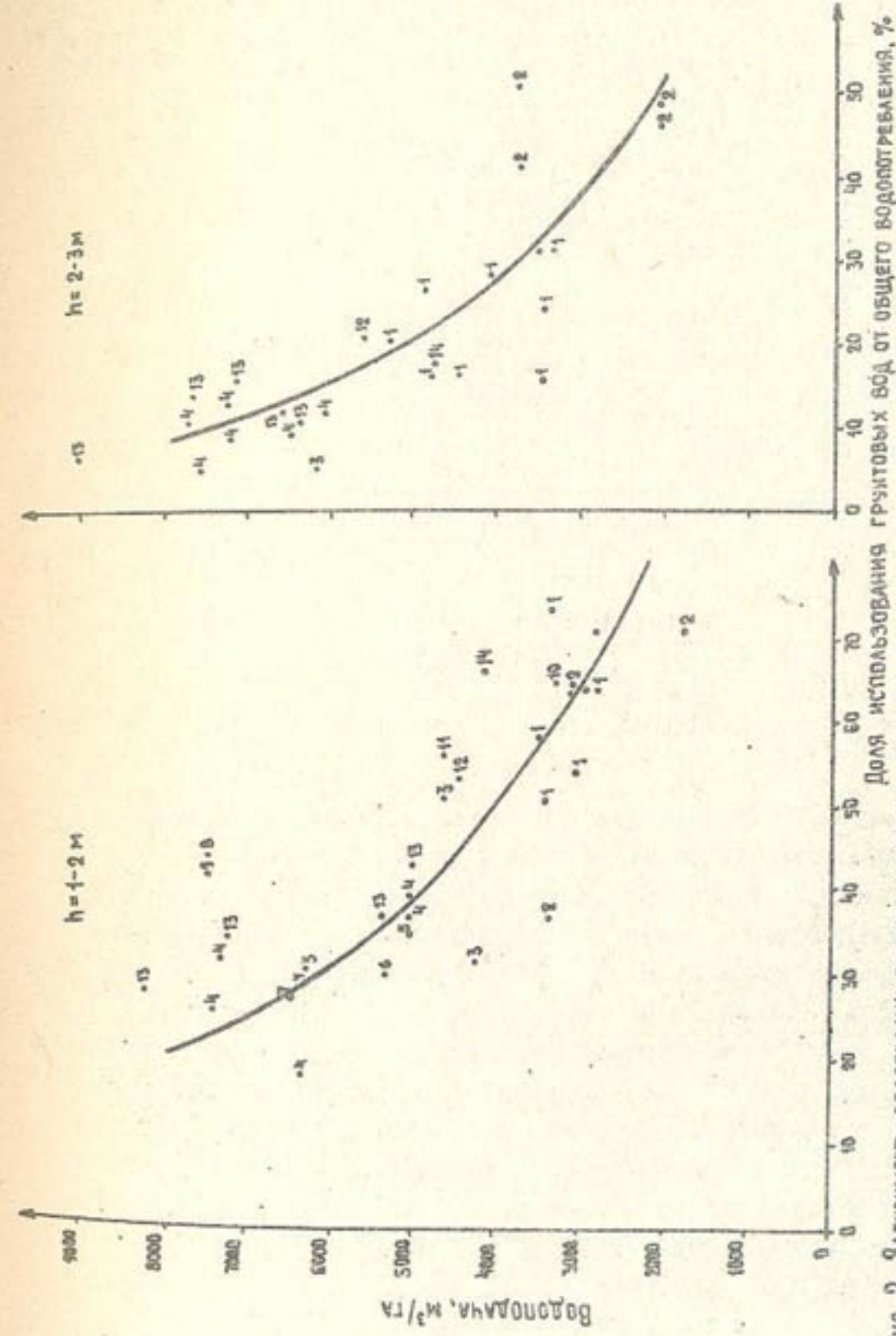


Рис. 2. Зависимость водоподдачи от использования грунтовых вод.

Данные анзиметрических наблюдений:

- 1. Н. Н. Киселева (1950-1954 гг.) и (1959-1960 гг.) - Пахтааральская опытная станция; 2. Н. Н. Киселева (1954-1956 гг.) - ЦОМС Союзники; 3. Н. Ф. Бесланов (1955-1954 гг.) - Пахтааральская опытная станция; 4. Н. Н. Курьяев (1950-1956 гг.) - Бухарская опытная станция; 5. Н. Н. Курьяев (1959-1960 гг.) - Хорезмская область; 6. Р. А. Аминов - совхоз "Малык" - Голодная степь; 7. Сурицкий (1954-1956 гг.) - Ферганский оксос; 8. Ф. М. Рахмиев (1957 г.) - Хорезмский оазис; 9. Ф. М. Рахмиев (1958 г.) - Хорезмский оазис; 10. Н. Н. Киселева (1950-1954 гг.) - совхоз "Пахтаараль"; 11. А. М. Каш (1954-1958 гг.) - Бухарский оазис; 12. Х. А. Азимов (1954-1956 гг.) - Бухарский оазис; 13. В. М. Курьяев (1952-1956 гг.) - Бухарский оазис; 14. С. А. Амиркулов (1960 г.) - Самаркандская область.

Т а б л и ц а

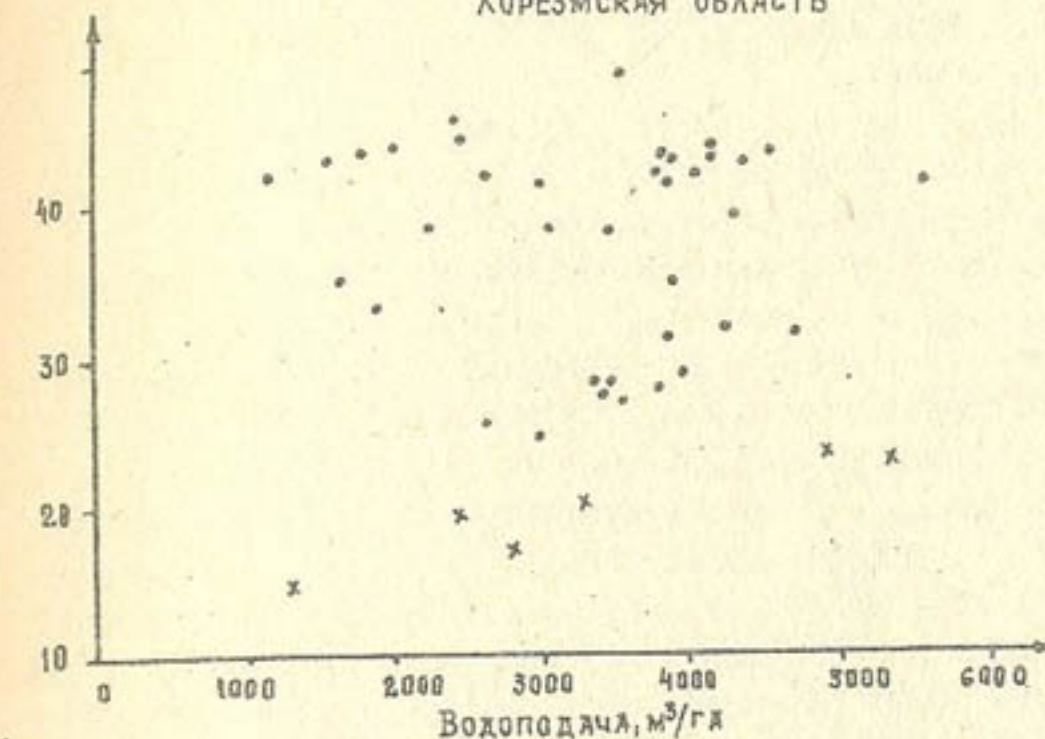
Сравнительная оценка рекомендаций по степени участия
грунтовых вод в водопотреблении хлопчатника, %

Организация, автор	Характеристика : почвогрунтов	: Доля участия грунтовых : вод, % от водопотреб- : ления при УГВ, м		
		: 1...2	: 2...3	
Среднеазиатский хлоп- пок (В.Р. Шредер, Т.А. Трунова и др.)	Легко- и среднесуг- линистые (пылева- тые); суглинистые, облегчающиеся книзу	10...27	3...4	
	Среднесуглинистые (плотные); тяжело- суглинистые; сугли- нистые; суглинистые, утяжеляющиеся книзу	7...19	-	
СоюзНИИХИ (Н.Ф. Беспалов, С.Н. Рыжов)	Средне- и легкосуг- линистые, однородные или тяжелосуглинистые, облегчающиеся книзу	60...65	40...45	
	Тяжелосуглинистые и глинистые, однородные, плотные по сложению или слоистые по строению	25...30	5...10	

мально - в тяжелых условиях (ст. Федченко и др.). Промежуточ-
ное использование характерно для условий ст. Бухары.

Зависимость урожая от водоподачи, дифференцированно для
различных условий, хорошо прослеживается в условиях Бухар-
ской опытной станции (рис. 3), где многие исследователи
(Э.А. Лифшиц, И.К. Киселева, Н.В. Беспалов, С.Н. Рыжов и др.)
отмечают затрудненное питание грунтовыми водами. Нам не удалось
найти достаточную "выборку данных", характеризующих противо-
положные условия (по мнению тех же исследователей, -
условия опытной станции Пахтаарал). Искомая зависимость не
прослеживается в условиях Хорезма (рис. 3). Если в первом слу-
чае максимальные урожаи получены при использовании до 40%
грунтовых вод, то во втором - до 70...80% от общего водопотреб-

Хорезмская область



Условные обозначения:

• - I
x - 2

Бухарская область

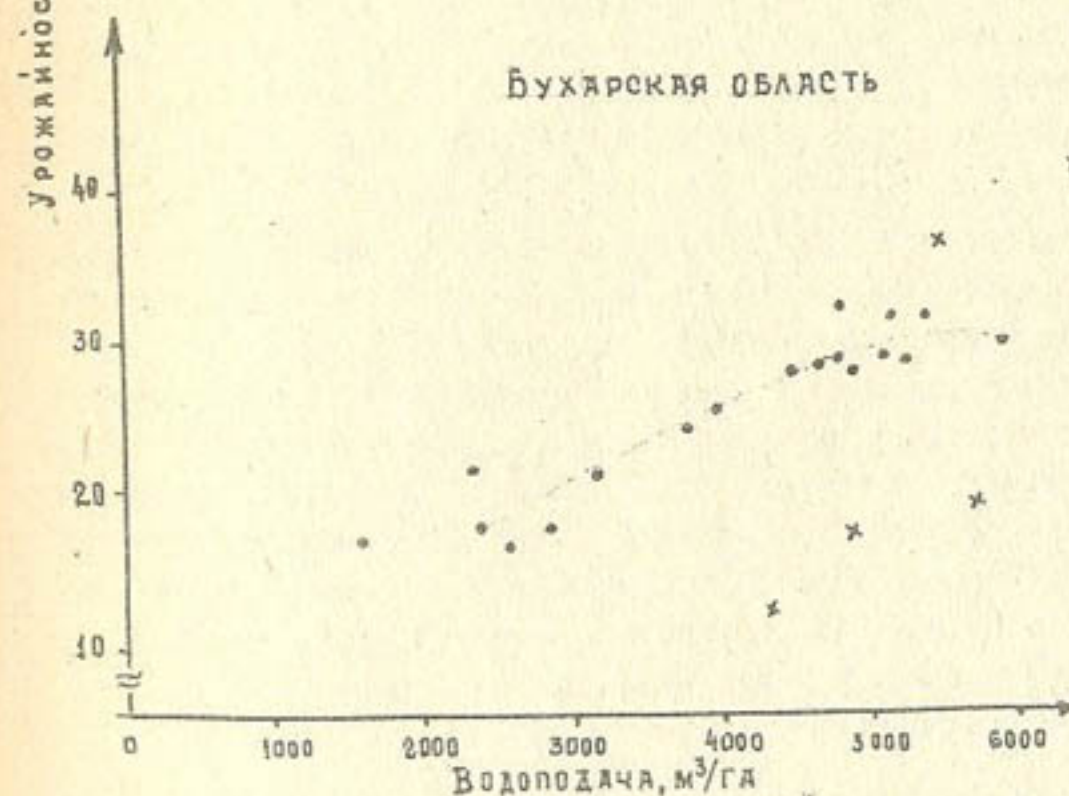


Рис. 3. Зависимость урожая от водоподачи;

I - уровень грунтовых вод 1...2 м;
2 - то же, 2...3 м.

ления. Следовательно, ограниченная водоподача на Бухарской опытной станции является, очевидно, преобладающим показателем снижения урожая.

Исследование зависимости относительного урожая от доли использования грунтовых вод (рис. 4) также подтвердило отсутствие четких закономерностей. Все это указывает на то, что поиск оптимальных пределов использования грунтовых вод должен базироваться на результатах опытов, проведенных в контролируемых условиях и дифференцированных по почвенно-мелиоративным и гидрогеологическим признакам. Мы сделали попытку определить оптимальную долю участия грунтовых вод в общем водопотреблении, обеспечивающую получение максимальных урожаев сельскохозяйственных культур.

Для того чтобы установить обеспеченность (повторяемость) определенных урожайностей в зависимости от доли участия грунтовых вод в общем водопотреблении, мы подвергли статистической обработке все имеющиеся результаты опытов (около 200), проведенных в различных природно-хозяйственных условиях и в разное время. Все опытные данные были сгруппированы по глубине залегания грунтовых вод — 1, 2 и 2...3 м. Для группы опытов с уровнем грунтовых вод 1...2 м были выделены опыты по долям участия 10...30%, 30...40, 40...50, 50...60, 60...80% от общего водопотребления, а для группы опытов с уровнем грунтовых вод 2...3 м — 10...30%, 30...50, 50...60%.

Данные по урожайности хлопчатника представлены в относительных величинах; за 100% принят вариант с максимальной урожайностью в пределах конкретного опыта.

Анализ серии кривых обеспеченностей (рис. 5), полученных путем обработки экспериментальных данных методом математической статистики, показал, что, несмотря на различия в природно-хозяйственных условиях и разное время проведения экспериментов, на графике прослеживается закономерность в изменении оптимальной урожайности в зависимости от уровней грунтовых вод и доли их участия в общем водопотреблении. В первую очередь это относится к группе опытов с глубиной залегания грунтовых вод 1...2 м. Здесь снижение доли участия грунтовых вод до 10...30% так же, как и увеличение ее до 50...60 отрицательно сказывается на получении высоких урожаев. Видимо, это объясняется в первом случае переувлажнением корнеобитаемого слоя

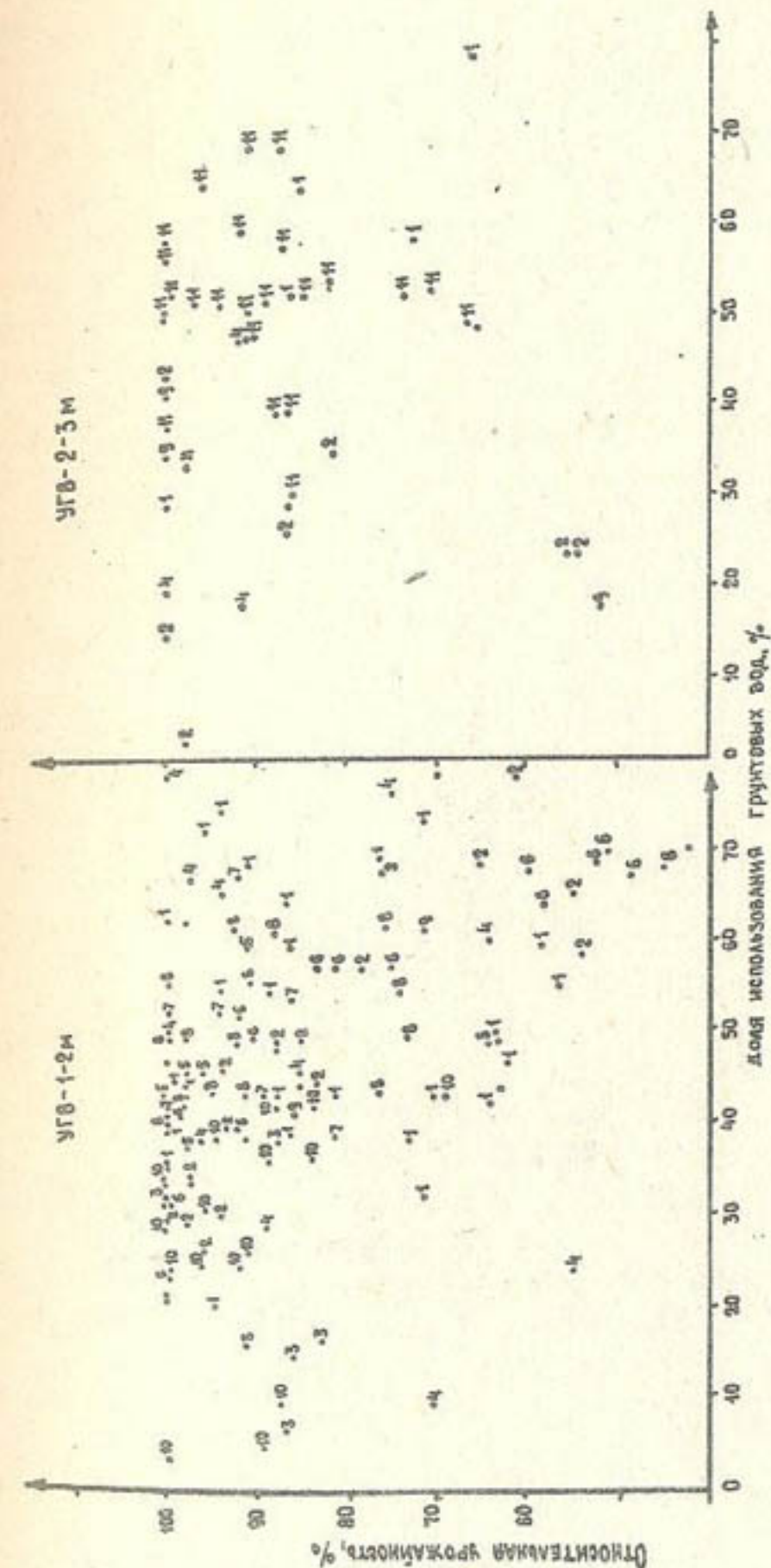


Рис. 4. Зависимость урожая от использования грунтовых вод:

1-Жезирская опытная станция; 2-Бухарская опытная станция; 3-Андижанская область; 4-Ферганская опытная станция; 5-Учкос Ташкент; 6-Чирчикская опытная станция; 7-Латфарская опытная станция; 8-Самаркандская опытная станция; 9-Болотная степь; 10-Марийская опытная станция; 11-Ж.К.ССР.

урожайности от засоления корнеобитаемого слоя и засоленности почвы от минерализации и глубины залегания грунтовых вод [6]:

$$\bar{U}(H_j, C) = \bar{U}_0 [1 - \bar{U}(H_j, C)], \quad (5)$$

$$\bar{U} = \exp \left\{ -\alpha \left[\frac{C}{10\gamma H} \exp(-\beta) \right]^2 \right\}, \quad (6)$$

где α, β — эмпирические коэффициенты;
 C — минерализация грунтовых вод;
 H — глубина залегания грунтовых вод;
 γ — плотность почвогрунтов;
 U_0 — урожайность сельскохозяйственных культур на незасоленных землях;

$\bar{U}(H_j, C)$ — снижение совокупного чистого дохода на единицу выращенной продукции, ц.

Для каждого варианта обеспеченности мощности вертикального дренажа определяют статистические характеристики уровней грунтовых вод и связанный с ними ущерб урожайности сельскохозяйственных культур, который находят по зависимости

$$\Delta \bar{U} = \sum_{j=1}^n \beta_j \cdot U_j(H_j, C), \quad (7)$$

где β_j — весовой коэффициент, соответствующий вероятности данного интервала уровня грунтовых вод, определяющего снижение урожайности, отвечающее уровню заданной обеспеченности.

Коэффициент β определяют по кривой обеспеченности УГВ для данного варианта мощности дренажа следующим образом. Кривые обеспеченности УГВ для каждого варианта протяженности дренажа разбивают на 7...10 интервалов. Для каждого интервала коэффициент устанавливается как разность между границами этого интервала кривой обеспеченности.

Снижение совокупного чистого дохода сельского хозяйства от недобора урожая $\Delta \bar{U}$ оценивают по формуле

$$\Delta \bar{U} = (C B D_z - U_z + H_0) \cdot \Delta \bar{U}, \quad (8)$$

где $C B D_z$ — совокупный чистый доход;
 U_z — издержки годовых расходов при выращивании одного центнера урожая;

H_0 — налог с оборота.

С учетом формул (1), (2), (4), (9), (7) выражение (3)

можно представить в следующем виде:

$$E_{ci} = \frac{C_i}{\pi(R \pm n\sigma_R)^2} + \Delta U \pm (C B D_z - U_z + H_0) \cdot \sum_{j=1}^n \beta_j \cdot U_0 \times \\ \times \left\{ 1 - \exp \left[-\alpha \cdot \frac{C}{10\gamma H_j} \cdot (-\beta)^2 \right] \right\} \rightarrow \min \quad (9)$$

Выбор расчетного значения обеспеченности расстояния между скважинами (мощность вертикального дренажа) производится при минимальном значении показателя сравнительной эффективности (рис.2) исходя из условия (9).

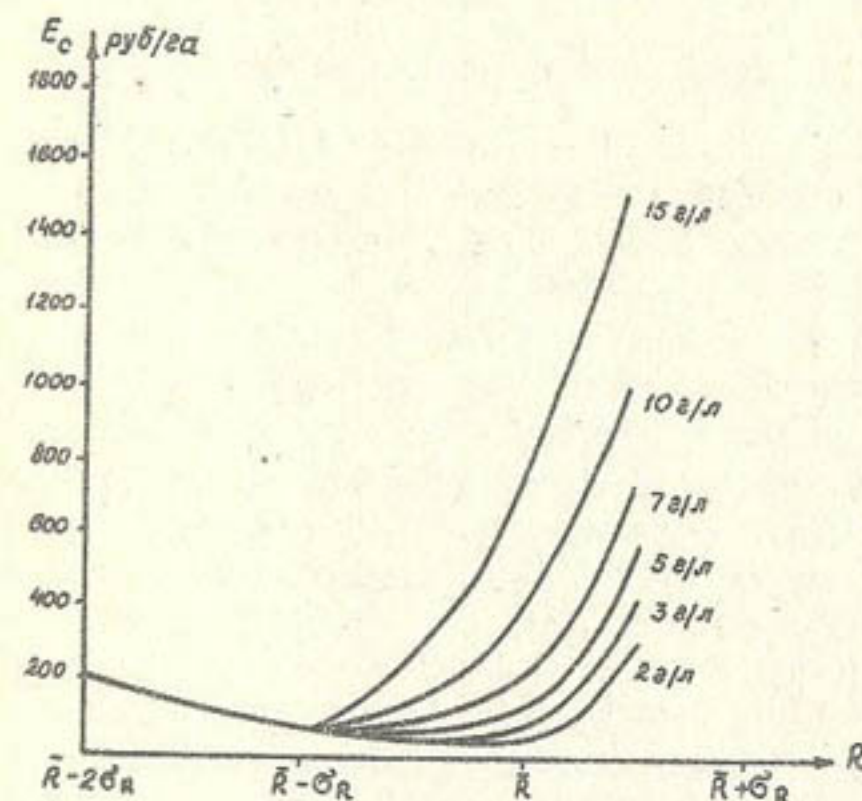


Рис.2. Зависимость экономической эффективности строительства вертикального дренажа от принятого запаса прочности междреннего расстояния при различной минерализации грунтовых вод (изменчивость исходных параметров $C_v = 20\%$).

Оценка оптимальных расчетных параметров дренажа при его проектировании проводилась по предлагаемому способу в различных природных условиях и широком диапазоне изменчивости исходных параметров (рис.2), минерализации грунтовых вод и за-

ким составляющим в пределах водохозяйственных регионов речного бассейна. Характерным для блока является накопление большого количества массивов для решения прогнозных задач как по ресурсам вод, так и их качеству.

Решение задач о качестве водных ресурсов по составляющим (поверхностным, возвратным, подземным) продиктовано необходимостью учета качества воды при планировании водохозяйственного комплекса, определении оросительных норм, вододелении, прогнозе социально-экономических показателей.

Увязка составляющих блока "Водные ресурсы" производится по балансовым зонам речных бассейнов в отдельности сверху вниз. Так, в бассейне Сырдарьи рассматриваются Берхове Нарына, Ферганская долина, ЧАКИР, Среднее течение, АРТУР, Низовья. При этом выходные показатели в замыкающем створе зоны являются исходными (входными) для последующей. Поэтому детерминированная информация о водных ресурсах и их качестве для нижерасположенных створов становится динамической, определяемой изменением водохозяйственной обстановки в вышерасположенной зоне бассейна.

Решение региональной проблемы развития мелиорации и водного хозяйства на длительную перспективу в рамках единой модели затруднительно даже при использовании высокопроизводительных ЭВМ. Поэтому нами использован прием декомпозиции общей задачи на несколько субмоделей.

Первая субмодель (П1) предназначена для расчета социально-экономической эффективности заданного распределения ресурсов в отдельно взятом районе по одной доминирующей сельскохозяйственной культуре — хлопчатнику — без ограничений по капиталовложениям. При этом модифицируется алгоритм, предложенный в работе /4/.

Вторая субмодель (П2) служит для оптимизации использования земельных ресурсов (по одной сельскохозяйственной культуре) региона, состоящего из конечного числа связанных между собой природными условиями водохозяйственных районов (ВХР) речных бассейнов.

Третья субмодель (П3) позволяет выбрать наиболее выгодное распределение земельно-водных ресурсов для производства основных сельскохозяйственных культур с учетом природных и

экономических ограничений (в частности, обязательного выполнения директивных объемов производства сельскохозяйственной продукции в регионе).

Целостность модели обеспечивается единым критерием экономической эффективности, единым информационным обеспечением, взаимосвязью между программами (выходные данные одной программы могут быть исходными для другой).

Схема взаимодействия субмоделей такова.

Первоначально на основе экспертных оценок и экономико-статистической информации задается некоторый набор исходных данных. Затем по программе П1 происходит расчет задачи по ведущей сельскохозяйственной культуре — хлопчатнику — для всего региона. Расчет может корректироваться с учетом выполнения директивных показателей и располагаемых водных ресурсов. Вычисления носят первоначальный характер с целью получения приближенных количественных характеристик перспективного развития региона и, следовательно, ориентировочных параметров по каждому ВХР. Полученные данные вводятся в программу П2 и расчеты ведутся для каждого из ВХР речного бассейна.

В программе П2 могут меняться исходные данные по техническим параметрам (например, различный мелиоративный режим), а также по используемым площадям и, следовательно, по социально-экономической эффективности. Результаты оптимизационных расчетов в водохозяйственных районах суммируются по всему региону и используются программой П3.

Вначале выясняется потребное количество водных ресурсов для выполнения плановых заданий по каждой из сельхозкультур. Излишек воды планируется для использования при производстве наиболее выгодных культур. Таким образом, каждая из моделей (и, соответственно, каждая из программ) последовательно отсекает худшие в том или ином смысле варианты.

Программы П2 и П3 работают для каждого ВХР. Результаты расчетов суммируются для всего региона и при необходимости корректируются.

Дисплей дает возможность эксперту-пользователю программ П1, П2, П3 вести вычислительный процесс в режиме диалога, активно вмешиваясь в него. При наборе на клавиатуре видеотерминала информация отображается на его экране, поэтому за вводимыми

ввода новых земель и реконструкции старых оросительных систем учитываются директивные (плановые) установки по производству сельскохозяйственной продукции, возможные капиталовложения в мелиорацию, потенциальный объем располагаемых водных ресурсов в каждом из ВХР речного бассейна.

При нахождении рационального варианта хозяйствования используется определенная логика построения вычислительного оптимизатора, соответствующая экспертным рекомендациям по наиболее приемлемому в данной зоне мелиоративному режиму, прогнозу водообеспеченности и т.д.

В заключение сделаем несколько замечаний по прикладным аспектам рассматриваемого математического обеспечения. Хотя отработка моделей велась для бассейна р.Сырдарьи, применение указанной методологии к бассейнам с другой водохозяйственной структурой не вызовет принципиальных затруднений. Описанные субмодели и программы их машинной реализации дают возможность манипулирования различными вариантами хозяйствования в зоне орошения. Они использовались при разработке комплексного прогноза научно-технического прогресса в мелиорации и водном хозяйстве Среднеазиатского региона на перспективу. Некоторые приложения разработанных оптимизационных моделей обсуждаются в работе /6/. Как показывает опыт, симбиоз машинных расчетов и экспертного анализа является эффективным инструментом принятия решений при выборе стратегии рационального развития столь сложной кибернетической системы, как региональная мелиорация и водное хозяйство.

Список использованной литературы

- 1.Полубаринова-Кочина П.Я., Прижинская В.Г., Эмих В.Н. Математические методы в вопросах орошения. -М.:Наука, 1969.-414с.
- 2.Ворович И.И., Горстков А.С. и др. Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря. - М.:Наука, 1981.-359с.
- 3.Воропаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны.-М.:Наука, 1984.-312с.
- 4.Духовный В.А. Оптимизация путей развития сельского хозяйства среднеазиатских республик в связи с осуществлением переустройства оросительных систем. - Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1980, вып.161, с.3-23.

- 5.Виленик В.Б., Машукова А.П. Реализация одного алгоритма множественной регрессии. - Ташкент: Алгоритмы, вып.36, 1978. - с.38-43.
- 6.Духовный В.А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. М.: Колос, 1984. - 255с.

А.Набиев, канд.техн.наук,
П.С.Сапаров, инженер
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В решениях XXV и XXVI съездов КПСС и на октябрьском (1984 г.) Пленуме ЦК КПСС указано, что главной задачей сельского хозяйства является обеспечение дальнейшего роста сельскохозяйственного производства, всемерное повышение эффективности и интенсификации мелиорируемых земель для полного удовлетворения потребностей населения в продуктах питания и промышленности в сырье.

Большое значение для сельского хозяйства имеют освоение и мелиорация земель в низовьях Амударьи.

Огромные средства, которые государство отпускает на расширение зоны рисоводства в низовьях Амударьи, щедро окупаются. Это ясно видно из анализа роста сельскохозяйственного производства за последние 20 лет. За счет роста площадей орошаемых земель с 196 до 332 тыс.га валовый объем сельскохозяйственной продукции вырос почти в 2,4 раза, производство хлопка - более, чем в 2 раза. По уровню производства риса, его урожайности и качественным показателям рисоводы Каракалпакии вышли на одно из ведущих мест в стране /1/. Это достигнуто не только за счет освоения новых земель, но и неуклонного повышения урожайности поливного гектара - с 17,2 до 46,3 ц.

Вместе с тем дальнейшее расширение площадей возделывания культуры риса в республике в условиях возрастающего дефицита в оросительной воде и ухудшение ее качества вызывает необходимость глубокого и всестороннего изучения комплекса

дренажа — от 23358 до 29746 м³/га; в среднем за период наблюдений с 1977 по 1984 год — 26996 м³/га, т.е. оросительная норма на фоне закрытого дренажа на 5618 м³/га меньше, что составляет 20,80% — один из существенных факторов экономической эффективности применения закрытого горизонтального дренажа на рисовых системах. Из данных табл.1 отчетливо видно, что оросительные нормы в 1979–1980 гг. намного больше, чем в 1981.

Сказанное объясняется тем, что в 1981 г. в устьевой части закрытого собирателя С-141-142 было построено сооружение для регулирования дренажного стока, которое позволило нам добиться снижения оросительной нормы за счет регулирования ряда статей водного баланса: во-первых, путем подъема уровня грунтовых вод до вегетационного периода потребность в оросительной воде на насыщение почвогрунтов можно снизить в среднем на 17,80% по сравнению с предыдущими годами; во-вторых, путем регулирования дренажного стока можно уменьшить величины инфильтрации оросительной воды в рисовых чеках на 19,50%. Кроме того, на закрытой части участка в 1981–1984 гг. нам удалось отрегулировать технические потери и тем самым уменьшить потерю оросительных вод на 3,50%, а также снизить величины сбросов оросительной воды на 5,30%.

Максимальное по проекту значение гидромодуля в период первоначального затопления риса 13,6...10,3 л/с с 1 га; в последующие периоды, в зависимости от фазы развития риса, варьирует от 1,2 до 3,6 л/с с 1 га. Фактические величины гидромодуля существенно отличаются от проектной (табл.2 и 3).

Как показывают наблюдения, водоподача из картового оросителя в чеках изменяется от 20,86 до 155,18 л/с, поливной модуль — от 1,31 до 5,55 л/с/га, в том числе для поддержания постоянного горизонта воды в чеках — от 1,44 до 2,85 л/с/га. Дренажный модуль колеблется от 0,85 до 1,58 л/с/га, в том числе на технические потери от 0,01 до 0,12 л/с/га, а по сбросному гидромодулю — от 1,21 до 7,94 л/с/га.

Как видно из табл.(2,3), колебания в режиме орошения риса объясняются несоответствием объема подаваемой на орошение воды биологической потребности растений, а также нестабильной работой оросителей различного порядка. Это объясняется тем, что в условиях низовьев Амударьи вода, подаваемая на поля,

Т а б л и ц а 2

Показатели работы картовых оросителей на участках открытого горизонтального дренажа по фазам развития риса за 1979–1984 гг.

Фенологичес- кие фазы раз- вития риса	Про- должи- тель- ность перно- да, сут- ки	Расход, л/с гидромо- дуль, л/с/га да, сут- ки	В том чис- ле гор- воды в че- ках, л/с л/с/га	Дренаж- ный мо- дуль, л/с л/с/га	Гидромо- дуль тех- нических потерь, л/с л/с/га	Сброс- ной гид- ромодуль, л/с л/с/га
Сев и начало прорастания риса	II	155,18 5,55	55,86 2,00	29,68 1,28	1,70 0,01	85,16 4,86
Всходы — кущение	2I	68,74 2,46	65,81 2,38	30,22 1,30	1,69 0,07	124,59 6,80
Кущение — трубкование	19	112,95 4,02	79,88 2,85	30,84 1,35	1,78 0,01	149,66 7,62
Трубкование — колошение	23	84,15 3,00	69,82 2,50	26,74 1,18	1,62 0,07	—
Колошение — цветение	14	55,35 1,97	58,09 2,08	23,43 1,07	1,76 0,07	—
Цветение — молочная спелость	17	50,42 1,82	45,07 1,62	22,43 0,97	1,62 0,07	—
Молочная — восковая спелость	10	— —	44,60 1,59	22,00 0,94	1,74 0,07	124,974 6,39
Восковая — полная спелость	II	— —	— —	— —	— —	6,85 0,36

Т а б л и ц а 3

Показатели работы картонных оросителей на участке закрытого горизонтального дренажа по фазам развития риса за 1979-1984 гг.

Фенологические фазы развития риса	Продолжительность периода, сут.ки	Расход, л/с	В том числе: гидромо-дуль, л/с	Дренаж: модуль, л/с	Гидромо-дуль, л/с	Сброс: модуль, л/с
			поддерживание гор. воды в чеках, л/с		технических потерь, л/с	
Сев и начало прорастания риса	10	78,42	28,40	35,54	3,47	116,5
		4,98	1,80	1,10	0,11	3,62
Всходы - кущение	20	35,58	33,98	35,55	3,31	255,84
		2,26	1,57	1,10	0,11	7,94
Кущение - трубкование	17	56,23	36,67	48,86	3,13	68,25
		3,57	2,54	1,58	0,10	2,12
Трубкавание - колошение	23	42,53	37,36	42,26	3,13	39,12
		2,71	2,37	1,31	0,10	1,21
Колошение - цветение	14	27,25	30,72	33,91	3,13	-
		1,58	1,95	1,05	0,10	
Цветение - молочная спелость	17	20,86	22,65	27,58	3,13	-
		1,31	1,44	0,96	0,10	
Молочная - восковая спелость	8	-	23,27	27,44	3,68	76,38
			1,48	0,85	0,12	2,31
Восковая - полная спелость	10	-	-	-	-	

несет большое количество взвешенных наносов (1,7...2,2 м³ на 1 м), значительная часть которых оседает в русле оросительных каналов, что отрицательно сказывается на их пропускной способности. При такой интенсивности заиливания за период вегетации риса один-два раза приходится проводить очистку оросительных каналов, что отрицательно сказывается на режиме их работы.

Для определения составляющих оросительной нормы риса и температурного режима в совхозе "Совет Узбекистана" нами проведены специальные наблюдения при помощи сосудоиспарителей по методике В.Б.Зайцева [2] на метеостанции, результаты которых приведены в табл.4.

Т а б л и ц а 4
Фактическое водопотребление риса на 1⁰С, м³

Номер карты	Год	Тип дренажа и сорт риса	Календарные периоды развития риса, сутки	Сумма температур за вегетацию, $\sum t^{\circ}\text{C}$	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожай, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Гидро-термический коэффициент, м ³ /г
1	2	3	4	5	6	7	8	9
141	1977	Открытый Дубовский-129	15,06-5,10	2761	11063	3,74	2958	4,01
146	1978	Открытый Узрос-59	20,05-18,09	3170	11005	2,83	3889	3,47
147	1978	То же	20,05-18,09	3170	11005	3,20	3439	3,47
143	1979							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
I48	1979	То же	20.05-21.09	3289	II7II	2,50	4684	3,56
I43	1980	То же	12.06-15.10	3069	II953	2,89	4136	3,86
I44	1980	Открытый	14.06-8.10	2953	II038	2,81	3928	3,74
		Узбекский-5						
I45	1980	То же	8.06-2.10	3020	II038	2,17	5087	3,65
I46	1980	То же	8.06-12.10	2871	II038	2,73	4043	3,84
I47	1980	То же	18.06-12.10	2871	II038	2,41	4580	3,84
I48	1980	То же	18.06-12.10	2871	II038	2,51	4398	3,84
I43	1981	То же	3.06-25.09	2943	IO474	2,40	4364	3,56
I44	1981	То же	3.06-25.09	2943	IO546	2,53	4168	3,58
I45	1981	То же	3.06-25.09	2943	IO546	2,78	3794	3,58
I46	1981	То же	3.06-25.09	2943	IO546	2,50	4218	3,58
I47	1981	То же	3.06-25.09	2943	IO546	2,55	4136	3,58
I48	1981	То же	3.06-25.09	2943	IO546	2,46	4287	3,58
I43	1982	Открытый						
		Узрос-59	16.05-18.09	3276	I2883	2,95	4367	3,93
I43	1983	То же	18.05-20.09	3282	I2996	3,42	3800	3,95
I44	1983	То же	18.05-20.09	3282	I2996	4,20	3094	3,95
I45	1983	То же	20.05-22.09	3380	I2996	3,70	3512	3,90
I46	1983	То же	22.05-22.09	3330	I2996	3,50	3713	3,90
I43	1984	То же	16.05-17.09	3219	I3943	4,40	3169	4,33
I44	1984	То же	18.05-19.09	3205	I3883	4,80	2913	4,36
I45	1984	То же	18.05-19.09	3205	I3988	3,40	4114	4,36
I46	1984	То же	18.05-19.09	3205	I3988	3,80	3681	4,36
I47	1984	То же	20.05-22.09	3205	I3988	3,30	4239	4,36
I48	1984	То же	20.05-22.09	3205	I3988	2,9	4823	4,36
I41	1979	Закрытый						
		Дубовский-129	20.06-5.10	2695	9708	4,34	2237	3,60
I42	1979	То же	26.06-5.10	2695</				

период колошения и налива зерна — еще меньше. В период восковой спелости риса испарение с водной поверхности становится почти равным расходу воды на транспирацию, что обуславливается резким уменьшением транспирации в период созревания (табл.5).

Т а б л и ц а 5

Среднесуточные расходы воды на испарение и транспирацию по фазам роста и развития риса (по данным З.Ф.Туляковой и А.Набиева), м³/га

Фазы роста и развития	Суммарное водопотребление	Транспирация	Испарение	Примечание
Сев и начало прорастания риса	52-68	9,0-11,5	43-56,5	Данные З.Ф.Туляковой/5/
Всходы — кушение	64-85	12,0-30,8	48,2-52,0	
Кушение—трубкование	84-93	44,0-52,8	40-41,2	
Трубкование—колошение и цветение	108-118	70-83	38-36	
Цветение — молочная спелость	86-103	60-68	26-40	
Молочная — восковая спелость	56-63	32-36	20-30	
Восковая — полная спелость	30-50	20-30	10-20	
Среднее	69-83	35-44,6	32,2-39,4	
Сев и начало прорастания риса	54,5-78,9	-	54,5-78,9	Данные А.Набиева
Всходы — кушение	71,1-144,8	18,6-52,3	52,5-92,5	
Кушение—трубкование	106,8-168,3	57,5-103,0	49,3-65,3	
Трубкование—колошение	108-142,7	66,2-87,4	41,8-55,3	
Колошение — цветение	69,8-129,5	47,3-76,7	22,5-52,8	
Цветение — молочная спелость	43,8-102,3	24,4-61,3	19,4-41,0	
Молочная — восковая спелость	42,4-80,4	22,9-45,6	19,5-34,8	
Восковая — полная спелость	71,3-121	-	-	
Среднее		39,5-71,1	37,1-60,1	

При этом суммарное водопотребление риса в значительной степени зависит от температуры воздуха, скорости ветра и влажности, густоты стояния, а также от биологических особенностей самих растений (табл.6).

Т а б л и ц а 6

Водопотребление риса в различных районах СССР

Год исследования	Район исследования	Суммарное водопотребление, тыс. м ³ /га	Испарение с водной поверхности, тыс. м ³ /га	Транспирация, тыс. м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления	Примечание
1958-1969	Кубань	6,5-9,4	3,0-3,5	3,5-6,8	30-50	217-188	Данные З.Ф.Туляковой/5/
1957-1972	Низовья Дона	6,0-9,0	3,7-4,8	3,9-4,4	35-48	171-188	
1960-1961	Низовья Волги	9,2-10,9	5,5-5,7	5,2-6,3	38-48	242-227	
1964-1965	Северная часть Сарпинской низменности	10,7-11,0	4,8-5,0	5,7-6,2	32-42	334-265	
1966-1977	Дельта Терека	7,8-11,0	3,8-5,0	4,0-5,0	30-50	260-220	
1970-1973	Гудерменский массив Чечено-Ингушской АССР	8,3-9,3	1,3-5,0	4,0-4,3	31-46	265-202	
1958-1973	Среднее	8,1-10,1	4,02-4,83	4,38-5,50	32,7-47,3	248-215	
1977	Массив совхоза "Совет Узбекистана" Тахтакупирского района КК АССР	11,06	5,18	5,88	38,26	289	Данные А.Набиева

Т а б л и ц а 8

Солевой баланс по картам при различных типах дренажа по годам освоения

Тип дренажа	Номера карт	Годы освоения	Приходные статьи, т/га		Расходные статьи, т/га		Неувязка		
			поступление солей в солей: почвогрун- с оро- тах до оро- оителя: шения	итого	вынос: содержание: солей: в дрена- лей в: сброс: почво- ным: грунтах: стоком: после: ороше- ния	всего			
Открытый	I4I-I42	1977	17,50	332,35	349,85	72,60	218,84	291,44	-58,48
		1978	15,70	234,00	249,70	58,95	143,04	201,99	-47,71
Закрытый	I4I-I42	1979	15,90	157,60	173,50	60,71	91,50	152,21	-21,29
		1980	15,50	106,70	122,20	47,29	71,91	119,20	-3,0
Открытый	I43-I44	1979	17,35	116,10	133,45	62,09	60,04	122,13	-11,32
		1980	16,40	72,50	80,90	45,35	42,30	87,65	-1,25

№ 0

Т а б л и ц а 9

Солевой баланс зоны аэрации опытного участка по годам освоения

Годы освоения	Приходные статьи, т/га		Расходные статьи, т/га		Неувязка		
	поступление солей в солей: почвогрун- с оро- тах до оро- оителя: шения	всего	вынос: содержание: солей: в дрена- лей в: сброс: почво- ным: грунтах: стоком: после: ороше- ния	всего			
1977	17,50	332,35	71,05	218,84	1,55	291,44	-58,41
1978	17,35	234,00	63,03	153,78	1,55	218,36	-32,99
1979	17,10	135,70	60,08	82,48	1,55	144,05	-8,75
1980	15,50	89,90	42,72	58,20	1,55	102,47	-2,93

№ 1

