556
Ф-79
71773

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

НПО САНИИРИ

ФОРМИРОВАНИЕ, ОХРАНА И УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Ташкент 1989

556
ф-79

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

НПО САНИИРИ

ФОРМИРОВАНИЕ, ОХРАНА И УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Научно-техническая
САНИИРИ
БИБЛИОТЕКА

Ташкент 1989

УДК 556+631.6.02

Формирование, охрана и управление
водными ресурсами в речных бассейнах
Средней Азии
САНИИРИ им. В.Д.Журина, 1989, 155 с.

Усиленная антропогенная деятельность в речных бассейнах Средней Азии, исчерпание стоков рек и ухудшение качества их вод предъявляют новые требования к традиционным подходам и взглядам на формирование водных ресурсов, их качество и пути управления в условиях сложных водохозяйственных комплексов.

В сборнике рассматривается специфика комплексного использования водных ресурсов в аридной зоне, приводятся пути повышения эффективности регулирования стока, некоторые задачи метрологического обеспечения учета, контроля и управления водными ресурсами. Существенное внимание уделяется качеству оросительной воды в бассейнах рек, вопросам уровенных и наносных режимов в водохранилищах с учетом их влияния на русловые процессы.

Кроме того, рассматривается ряд конкретных локальных задач, таких, как роль и место головных устройств бесплотинного водозабора в условиях Амударьи, управление водоподачей машинных каналов, управление каналов с бассейнами перерегулирования и т.д.

Сборник рассчитан на научных работников, аспирантов, научно-технических работников, связанных с вопросами формирования и охраны водных ресурсов в речных бассейнах в условиях все усложняющихся водохозяйственных комплексов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Духовный В.А. (гл.редактор), Кадыров А.А. (зам. гл.редактора, отв. за выпуск), Разаков Р.М., Скрыльников В.А., Пулатов А.Г., Меркина А.С.

© Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В.Д.Журина (САНИИРИ), 1989

В.А.Духовный, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В общественном разделении труда цели отрасли состоят в удовлетворении потребности общества в воде и такой суммарной продуктивности земель, чтобы обеспечить социальные нужды населения в продуктах питания, а также его занятость при определенных обязательствах по поставке региональной продукции.

В условиях Средней Азии эти задачи в настоящее время резко осложняются вследствие ряда обстоятельств, включающих в себя как совокупность существовавших ранее проблем, так и особенности нынешней ситуации и, главное, - перспективы, которые переплетаются и перекрещиваются в своем тесном взаимодействии.

Проблемы прошлого состоят в том, что регион длительное время развивался как сырьевой придаток страны с приматом сельскохозяйственной направленности при недостаточном внимании к ресурсосбережению и требованиям окружающей среды, когда инерционные пути развития неминуемо должны привести и привели к замедлению, а затем и к снижению темпов аграрного и совокупного производства.

Кстати, такие прогнозы, рассчитанные нами еще в 1975-1979 гг., никого тогда не насторожили. В результате, наряду с 1,3 млн.га инженерных систем с высоким КПД - 0,75-0,8 - и развитой системой совершенного дренажа при достаточно низком уровне водопотребления - 8-9 тыс.м^3/га брутто - в настоящее время большинство систем находится в неудовлетворительном состоянии: техническое оснащение примитивное; отмечаются большие удельные затраты воды, недостаточная дренированность и ослабленное внимание к технике полива. Все это отягощено тяжелыми последствиями - ухудшением качества воды, снижающим плодородие земель, и опустыниванием Приаралья.

Проведенные нами расчеты показывают тесную связь указанных явлений между собой. Если бы за период с 1965 (особенно с 1971 г.) по 1985 год строились инженерные системы только по типу голодностепских, соблюдались бы аналогичные нынешним удельные расходы воды и если бы коллекторно-дренажные воды отводились не в реки и солеприемники, а в Арал, то в Арале было бы на 300 км^3 больше

воды, чем сейчас. Если бы при этом в дельтах Амударьи и Сырдарьи сразу осуществлялись природоохранные мероприятия, то мы не имели бы 200 млн.руб. ущерба в год от снижения уровня Аральского моря.

К этому следует прибавить и жесткие перспективы будущего: с одной стороны, нарастание населения и его потребностей (к 2010-2012 гг. вдвое), с другой - сложившееся отставание социального уровня региона от уровня страны по национальному доходу почти вдвое, которое должно быть преодолено при уменьшающихся ресурсах воды (из-за возможности отбора соседями и экологических требований), а также достаточно жесткое "прокрустово ложе" капвложений и ресурсных возможностей экономики.

Расчеты показывают, что для полного выполнения всех перспективных требований на воду в регионе, включая экономию и собственное обеспечение продуктами питания на основе имеющихся тенденций и инерции, потребовалось бы 178 км^3 воды, что утопически нереально при имеющихся 93-100 км^3 для всех нужд, остающихся после выполнения задания постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 1110 "О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря, повышению эффективности использования и усилению охраны водных и земельных ресурсов в его бассейне" (таблица).

Бесспорно, направленность решения проблемы воды и орошения во многом будет зависеть от того, какой "сценарий" дальнейшего развития экономики будет принят. По нашим оптимизационным расчетам, такой "сценарий" состоит в следующем: обеспечение занятости населения за счет увеличения в 6 раз промышленного производства, - в первую очередь, переработки сельскохозяйственного и минерального сырья; привлечения дополнительно (на 10 %) населения в сферу обслуживания; уменьшения до 7-7,5 млн.т по региону и, соответственно, до 5-5,2 млн.т по Узбекистану производства хлопка; максимальное развитие производства и переработки плодоовощной, бахчевой продукции.

Главной стратегией при этом становится водосбережение и экономное использование водных ресурсов; критериальной основой - получение максимума продукции на единицу воды при минимуме совокупных общественных затрат; методической - охват непосредственно всех отраслевых и сопряженных направлений деятельности единым стержнем экономического механизма, который свел бы воедино и мобилизовал имеющиеся резервы и земледелия,

Водные ресурсы рек Сырдарьи и Амударьи и доля, приходящаяся на УзССР в период 1985...2015 гг., км³/год

Бассейн реки	Расчетный уровень	Поверхностные водные ресурсы: 50 %	90 %	зарегулированн. (брутто)	Подземные воды для использ.	Всего поверх. и подзем. вод	Затраты и потери стока: санитар. и рыбохозяйственные попуски в дельту Арал	потеря в русле и испарение с ВПХР	отбор Афганистан. и Ираном	итого	Ресурсы стока, гарантированные к использованию	Возвратные воды (дренажно-сбросные + подрусловые + промкомбинат): всего	в т.ч. для использования: в реку внутрисистемы	во внутренние понижения	в дельту и Арал	Располагаемые ресурсы для использ.: всего	в т.ч. УзССР
Амударья	1985	77,3	57,4	68,1	3,3	71,4	3,2	-	8,0	2,0	13,2	58,2	28,3	18,1	9,2	1,0	76,3	39,5
	1990	77,3	57,4	71,1	3,3	74,4	5,2	-	7,4	2,0	14,6	59,8	29,1	18,6	8,5	2,0	76,4	43,0
	1995	77,3	57,4	71,1	3,4	74,5	5,2	-	[illegible]	2,5	15,5	60,0	27,6	17,0	8,2	2,4	77,0	42,2
	2000	77,3	57,4	71,1	3,5	74,6	5,2	-	6,2	3,0	14,4	60,2	26,4	14,9	3,1	8,4	75,1	41,2
	2005	77,3	57,4	71,1	3,6	74,7	5,2	2,3	5,6	3,6	16,7	58,0	25,8	13,9	1,8	10,1	71,9	39,4
	2010	77,3	57,4	71,1	3,7	74,8	5,2	2,3	5,0	4,3	16,8	58,0	25,3	13,2	2,0	10,1	71,2	39,0
	2015	77,3	57,4	71,1	3,8	74,9	5,2	2,3	4,4	5,0	16,9	58,0	25,0	12,8	2,1	10,1	70,8	38,8
Сырдарья	1985	37,5	26,1	34,6	2,5	37,1	0,5	-	1,7	-	2,2	34,9	17,2	14,4	2,8	1,1	49,3	25,5
	1990	37,5	26,1	35,2	2,5	37,7	1,4	-	1,7	-	3,1	34,6	17,4	13,7	2,6	1,0	48,3	25,0
	1995	37,5	26,1	36,3	2,8	39,1	2,4	-	1,7	-	4,1	35,0	16,2	13,6	1,6	1,0	48,6	25,1
	2000	37,5	26,1	36,3	2,9	39,2	2,4	-	1,7	-	4,1	35,1	15,1	12,6	1,5	1,0	47,7	24,7
	2005	37,5	26,1	36,3	3,2	39,5	2,4	-	1,7	-	4,1	35,4	14,2	11,7	1,5	1,0	47,1	24,4
	2010	37,5	26,1	36,3	3,5	39,8	2,4	-	1,7	-	4,1	35,7	13,8	11,3	1,5	1,0	47,0	24,3
	2015	37,5	26,1	36,3	3,8	40,1	2,4	-	1,7	-	4,1	36,0	13,7	11,2	1,5	1,0	47,2	24,4
Всего	1985	114,8	83,5	102,7	5,8	108,5	3,7	-	9,7	2,0	15,4	93,1	45,5	32,5	12,0	1,0	125,6	65,0
	1990	114,8	83,5	106,3	5,8	112,1	6,6	-	9,1	2,0	17,7	94,4	46,5	32,3	11,1	3,1	126,7	68,0
	1995	114,8	83,5	107,4	6,7	113,6	7,6	-	8,5	2,5	18,6	95,0	43,8	30,6	9,8	3,4	125,6	67,3
	2000	114,8	83,5	107,4	6,4	113,8	7,6	-	7,9	3,0	18,5	95,3	41,5	27,5	4,6	9,4	122,8	65,9
	2005	114,8	83,5	107,4	6,9	114,3	7,6	2,3	7,3	3,6	20,8	93,4	40,0	25,6	3,3	11,1	119,0	63,8
	2010	114,8	83,5	107,4	7,2	114,6	7,6	2,3	6,7	4,3	20,9	93,7	39,1	24,5	3,5	11,1	118,2	63,3
	2015	114,8	83,5	107,4	7,6	115,0	7,6	2,3	6,1	5,0	21,0	94,0	38,7	24,0	3,6	11,1	118,0	63,2

и внедрения НТП, и ресурсосбережения.

Отсюда направленность всех работ в мелиорации и водном хозяйстве должна строиться по трем уровням иерархии следующим образом:

I. Улучшение управления водными ресурсами всех видов (р.Карасу, подземные воды и местные источники):

- единая система управления бассейнами на базе АСУ, увязывающая в многолетнем, годовом и оперативном разрезе требования на воду, ресурсы и ограничения, накладываемые экономикой, а также связь и взаимодействие всех водных ресурсов - как поверхностных, подземных, возвратных, так и местных источников;

- минимизация непродуктивных потерь стока за счет ликвидации дезинформативности;

- создание при БВО "Сырдарья", "Амударья", "Зарафшана" природно-, мелиоративно-, водохозяйственного мониторинга, включающего сеть ВБС (воднобалансовых станций), ПККВ (пунктов контроля качества воды), пунктов наблюдения за протеканием природных процессов, дистанционные методы;

- плата за забор воды и сброс загрязнителей в речные и другие воды с применением штрафных санкций;

- в перспективе служба управления бассейнов должна заниматься формированием водных ресурсов по количеству и качеству, включая уменьшение потерь из мелководий, водохранилищ и пойм, воздействием на влагоперенос в атмосфере и ледники. Особо служба должна взять в свои руки воздействие на водосборную часть бассейна путем облесения склонов гор как средство повышения увлажненности территории;

- на БВО должны быть возложены функции государственного контроля за соблюдением темпов и уровней водосберегающих мероприятий и выполнение задания по природоохранному комплексу Приаралья;

2. Совершенствование оросительной системы, состоящей из комплекса водоотведения и водоподачи, технического обслуживания, ремонта, оценки и улучшения мелиоративного состояния земель, включает в себя:

- повышение технического уровня систем до максимально возможного путем не только строительства традиционных трубчатых,

лотковых и облицованных оросителей (КПД=0,78–0,82), но и создания новых конструкций с полимерными, более дешевыми, покрытиями, а также за счет оптимального сочетания планового и высотного взаимодействия оросительной и коллекторно-дренажной сети;

– увязку режима и параметров оросительной сети с техникой полива для достижения минимальных потерь при организации эксплуатации внутрихозяйственной и межхозяйственной сети;

– возможность и необходимость корректировки режимов работы сети в зависимости от изменения метеопараметров орошаемых систем;

– ориентацию на дифференциальное уменьшение оросительных норм при дефиците воды в некритические фазы развития;

– переход на оплату услуг водохозяйственных организаций за комплексное мелиоративное обслуживание, включая стоимость нормативных затрат воды в увязке с нормативной долей стоимости конечной продукции;

– перевод на базе этого всей отрасли на хозрасчет с учетом рентных оценок земли и воды;

– оптимальную организацию ремонтно-эксплуатационных работ с повышением роли диагностики и профилактики состояния, а также переход на предупредительный ремонт сети;

– совершенствование системы машин для ремонтно-эксплуатационных нужд с целью снижения удельных затрат на эксплуатацию;

3. Превращение поливного участка – поля – в базу создания высокого плодородия земель. Здесь на основе применения методов программирования урожая для формирования и поддержания долговременно нарастающей продуктивности земель предполагается:

– обеспечить равномерность увлажнения и рассоления за счет плоскостного рельефа участка с нулевым поперечным и однообразным продольным уклоном, а также подбора и внедрения соответствующей техники полива;

– осуществить и систематически возобновлять комплекс мероприятий по приближению агрегатного и физического состава почв к оптимуму; постоянно обогащать ее органическими составляющими, микроэлементами и сохранять гумус;

– обеспечить дренированность поливного участка таким образом, чтобы не только гарантировать недопущение вредных солей в зону аэрации, но и управлять водно-воздушным режимом для

минимизации суммарного водопотребления и обеспечения равномерности инфильтрации;

- создать надежно работающие модели управления поливным участком и внедрить их в составе научно-производственной системы на больших площадях;

- максимально приблизить поливной участок к экологически чистой единице за счет возврата сбросных вод непосредственно на участок, их деминерализации и очистки от вредных загрязнителей (например, насосной подкачкой с одновременной униполярной их обработкой).

Дальнейшее развитие объема внедрения, а также искусства управления, создания машин, технологий, приемов позволят, наряду с охватом традиционных и отработанных методов водосбережения, резко повысить продуктивность используемой воды до 250-360 руб. на 1000 $м^3$, а также орошаемой земли - до 2800-3500 руб/га, что в конечном счете обеспечит к 2000 году при уменьшенных водных ресурсах рост продукции сельского хозяйства в 1,8 раза.

Тем не менее, возможные отклонения и ограничения в развитии водных ресурсов могут привести к непредсказуемым ухудшениям современного их состояния, и тогда придется пересмотреть отношение к ускорению работ по переброске части стока сибирских рек в Среднюю Азию.

А.У.Усманов, канд.с.-х.наук
О.С.Лунин-Барковская, Р.И.Паренчик
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ВОДЫ р. АМУДАРЬИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Основным водопотребителем в бассейне Амударьи является орошаемое земледелие, которое предъявляет определенные требования к качественному составу вод. В связи с этим возникла необходимость проведения анализа формирования качественного состава оросительных вод, оценки влияния на него факторов природного и антропогенного характера.

По данным Госкомгидромета, в воде р.Амударьи, начиная с верховьев, в отдельные периоды превышает ПДК ряд показателей: общая минерализация, содержание отдельных ионов металлов, биогенных веществ, пестицидов и др.

Согласно "Водохозяйственному районированию СССР", принятому в схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов (утверждено Минводхозом СССР), бассейн Амударьи с учетом морфологических условий и административных границ областей и союзных республик, расположенных на его территории, разделен на следующие водохозяйственные районы:

- верхнее течение - замыкающий створ Керки. Наиболее крупные оросительные системы: Вахшский магистральный канал, Яван-Обикиикская система, получающие свое питание из Вахша; Большой Гиссарский канал, водозабор в который осуществляется из р.Варзоб (бассейн р.Кафирниган); каналы Шерабадский, Занг, Хадарбаг (бассейн р.Сурхандарьи). Из Амударьи водозабор осуществляется крупными системами - Каракумским каналом им.Ленина, Каршинским магистральным каналом;

- среднее течение - замыкающий створ Туямуюнского г/у - Чарджоуская область ТССР, Бухарская и Навоийская области УзССР. В данном ВХР водозабор из Амударьи осуществляется Амубухарским и Амукаракульским каналами, а также левобережным Туямуюнским каналом и каналами Кульарык, Берзен, Саят-Наухана и др.;

- низовья - Ташаузская область Туркменской ССР; Хорезмская область, Каракалпакская АССР УзССР. В этом районе по обоим берегам из Амударьи осуществляется водозабор в каналы Тагисака,

Советяб, Кызкеткен и др.

Как известно, степень пригодности вод на орошение по качественным показателям не регламентирована соответствующими нормативными документами и оценивается по методикам различных авторов.

Для условий Средней Азии наибольшее распространение получила методика, разработанная в САНИИРИ (А.У.Усмановым); в ней наиболее точно для конкретных условий устанавливаются приоритетные показатели при оценке пригодности для орошения вод различной минерализации, а также намечаются возможные пути использования вод более низкого качества.

В верхнем течении качество воды, подаваемой в ирригационные каналы, подвержено влиянию преимущественно факторов природного характера.

Данные о минерализации и солевом составе этих вод приведены в табл.I.

Таблица I

Минерализация воды в верховьях р.Амударьи

Показатель	$\sum$ и, г/л	Главные ионы, г/л					
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
Ирригац. воды бас. р.Вахш	0,36 I,I	0,06 0,28	0,0I 0,02	0,05 0,II	0,I2 0,30	0,I3 0,57	0,04 0,07
То же, басс. р.Пяндж	0,I3 0,76	0,03 0,04	0,003 0,02	0,0I5 0,06	0,09 0,I7	0,004 0,0I	0,0I 0,06
То же, басс.Кафирниган	0,II 0,2I	0,02 0,03	0,00I 0,0I	0,0I 0,04	0,I0 0,I6	0,006 0,09	0,009 0,006
Амударья Термез	0,37 0,66	0,04 0,I0	0,0I 0,04	0,06 0,I0	0,09 0,I2	0,I0 0,30	0,05 0,I5

Среди главных ионов в воде бассейна рек Пяндж и Кафирниган преобладают Ca^{2+} и HCO_3^-; в р.Вахш и Амударья (ств.Термез) - Ca^{2+} и SO_4^{2-}.

Согласно классификации САНИИРИ, воды первых двух рек относятся к первой категории (хорошего качества); они могут быть использованы на орошение без ограничений.

Вода р.Вахш при минерализации менее 0,85 г/л также относится к первой категории; при более высокой - ко второй (удовлетворительной), т.е. ее можно использовать только при высокой дренированности территории, повышенных поливных и оросительных нормах и периодических промывках. Переход от первой категории ко второй для вод р.Амударьи в замыкающем створе верхнего течения происходит при более низкой минерализации - 6I г/л.

Антропогенное влияние на качество воды в верхнем течении выражается в повышенном содержании нефтепродуктов, металлов, азотных соединений, пестицидов. При оценке пригодности вод на орошение в данном ВХР необходимо обратить внимание на содержание этих показателей.

Таким образом, вода, забираемая из Амударьи в Каракумский и Каршинский магистральный каналы, имеет удовлетворительное качество по показателям солевого состава и содержит в небольших количествах такие вещества, как пестициды, биогенные соединения, ионы тяжелых металлов.

По данным Института химии АН ТССР, по длине Каракумского канала в пределах Марыйской и Ашхабадской областей существенных изменений в минерализации воды не происходит. Среди ионов в воде канала превалируют Na^+ и Cl^-. По степени пригодности на орошение вода относится ко второй категории (удовлетворительного качества).

В створе Керки минерализация воды несколько повышается, достигая I,0 г/л (в отдельных случаях I,5 г/л). Здесь на качество воды начинает влиять хозяйственная деятельность человека: значительный водозабор из реки и сброс коллекторно-дренажных вод с территории ТССР, которые имеют небольшой объем, но довольно высокую (до 8,0 г/л) минерализацию.

Среди ионов здесь преобладают Ca^{2+} и SO_4^{2-}, но при минерализации, приближающейся к I,0 г/л, на первое место выходят Na^+ и Cl^-. По степени пригодности на орошение вода относится ко второй категории.

Таблица 2

Минерализация воды в низовьях р. Амударьи

Створ	$\sum_{и}$	Главные ионы, г/л					
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
Туямуюн	0,6-I,57	0,06-0,I38	0,02-0,07	0,08-0,246	0,082-0,I55	0,2I7-0,634	0,074-0,33
Саманбай	0,76-2,3I	0,07-0,276	0,03-0,I07	0,I57-0,322	0,09-0,I46	0,3I5-0,8II	0,085-0,703

В нижележащем водохозяйственном районе (от г.Керки до Туямуюн-

ского г/у) р.Амударья принимает с правого берега сбросы крупных коллекторов: Южного, отводящего КДВ с новоорошаемой территории Каршинской степи; Парсанкуль - из оз.Соленого (накопителя части КДВ Бухарской обл.). Кроме того, с территории Туркмении в реку поступают коллекторные воды по колл. Бурдалыкский, Ходжамбасский, Чаршангинский, Фарабский, Главный дарганатинский, ГЛК и др. Перечисленные коллекторы имеют высокую (в ряде случаев до 10 г/л) минерализацию.

Сброс коллекторно-дренажных вод изменил качество вод р.Амударьи. Прежде всего он увеличил ее минерализацию, которая в отдельных случаях превышает 1,5 г/л, составляя в основном около 1,0 г/л.

Превалирующими ионами здесь являются Ca^{2+} и SO_4^{2-} при $\sum_и$ до 0,7 г/л, Na^{2+} и SO_4^{2-} при $\sum_и$ до 1,0 г/л, при более высокой минерализации - Na^{2+} и Cl^-.

По классификации САНИИРИ, вода в Амударье, забираемая на орошение ниже Туямуюнского г/у, при минерализации до 0,5 г/л относится к категории хорошего качества (первая категория); при 0,5-1,5 г/л - ко второй категории (удовлетворительной); при более высокой - к третьей категории (малоудовлетворительной). Кроме того, при минерализации более 1,5 г/л, вследствие преобладания иона Na^{2+}, возникает опасность осолонцевания почвы (коэффициент, рассчитанный по формуле Антипова-Каратаева, становится менее 1,0).

Кроме высокой минерализации и неблагоприятного сочетания основных ионов, вода р.Амударьи в данном водохозяйственном районе загрязнена СПАВ (синтетическими поверхностными активными веществами) нефтепродуктами, пестицидами, некоторыми металлами. В нижнем течении качество воды ухудшается. Здесь за последние годы минимальная величина минерализации составила 0,6 г/л, максимальная - 2,3 г/л (табл.2). В течение всего 1986 г. (за исключением августа) минерализация речных вод ниже г.Нукуса превышала 1,0 г/л. Среди главных ионов при минерализации до 1,5 г/л преобладали Na^+ и SO_4^{2-}, при более высокой - Na^+ и Cl^-.

По пригодности на орошение вода при минерализации до 1,3 г/л относится ко второй категории - удовлетворительного качества, а затем качество ее переходит в малоудовлетворительное. Кроме того, при использовании на орошение в данном ВХР воды с минерализацией более 1,5 г/л возникает опасность осолонцевания почвы.

С.А.Полинов,канд.техн.наук,Л.Р.Речицкая
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ВОДНО-СОЛЕВОЙ РЕЖИМ Р.АМУДАРЬИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ СТОКА

Бассейн р.Амударьи - аридный, с естественным засолением земель регион постоянного сельскохозяйственного освоения на основе интенсивных водных мелиораций орошаемых территорий. Бассейн делится на три характерные зоны: верховья - межгорные речные долины притоков Амударьи, среднее течение - отдаленные от реки, не обеспеченные собственными водными ресурсами оазисы и полупустынные пространства (за исключением протянувшихся узкой полосой вдоль реки пойменных земель Чарджоуской области) и низовья - дельта Амударьи.

Сток р.Амударьи формируется в верхней, горной части бассейна, и при выходе из гор (ниже створа Керки) Амударья не принимает ни одного притока.

Источниками орошения в верхнем течении (Пянджский, Вахшский, Кафирниганский, Сурхандарьинский водохозяйственные районы) служат одноименные притоки Амударьи и частично сама р.Амударья. Формирующийся в пределах верхнего течения коллекторно-дренажный сток из-за высотного расположения массивов орошения целиком поступает в притоки и р.Амударью.

Особое место в развитии бассейна, использовании водных ресурсов, формировании качества воды и водно-солевого режима реки занимает зона среднего течения(от гидропоста Керки до створа Туямуюн). Водными ресурсами среднего течения р.Амударьи обеспечиваются четыре последовательно расположенных водохозяйственных района: Каракумский, Каршинский, Бухарский и Туркменский прибрежный. Территориальное и высотное положение этих районов относительно ствола р.Амударьи предопределили своеобразие их связи с рекой по гидрографии сброса коллекторно-дренажных вод за пределы орошаемых территорий.

Так, Каракумский водохозяйственный район, территориально охватывающий отдаленные от Амударьи земли Мургабского, Тедженского, Копетдагского, Кзылатрекского оазисов, базируется на самотечной гидромелиоративной системе с рассредоточенным сбросом коллекторно-дренажных вод в пустынные зоны.

Основой гидромелиоративной системы Каршинского водохозяйст-

венного района, охватывающего высокорасположенные относительно Амударьи земли Каршинской степи в низовьях р.Кашкадарьи, а также Бухарского, включающего земли одноименного оазиса и прилегающий Кзылтепинский массив, является машинный водоподъем с сосредоточенным в настоящее время сбросом коллекторно-дренажных вод в Амударью. (До 1976 г. сбросы с орошаемых земель Бухарского и Каракульского оазисов осуществлялись по Главному каракульскому, Западно-Ромитанскому, Маханскому и другим коллекторам в оз.Соленое и только в связи с его переполнением начали отводиться по Парсанкульскому сбросу в р.Амударью. Коллекторно-дренажные воды с новой зоны орошения Каршинской степи, поступающие в оз.Султандаг, с 1982 г. в связи с его затоплением также стали по прокопу сбрасываться в р.Амударью).

Для Туркменского прибрежного района, протянувшегося узкой полосой вдоль левого и правого берега реки, характерно самотечное рассредоточенное поступление коллекторно-дренажных вод в Амударью. Лишь незначительная часть их сбрасывается в оз.Катташор.

Водные ресурсы нижнего течения (остаток стока Амударьи, поступающий к Туямуюнскому гидроузлу) обеспечивают орошение земель Хорезмской области и Каракалпакии Узбекской ССР и Ташаузской области Туркмении. Коллекторно-дренажные воды с орошаемых земель низовьев отводятся за пределы орошаемой территории (в Аральское море, оз. Судачье и Сарыкамыш, в пески) и лишь небольшая их часть (до 0,5 км^3) сбрасывается в р.Амударью. Показатели развития орошения и использования водных ресурсов р.Амударьи в ее верхнем, среднем и нижнем течениях приведены в таблицах 1-3.

Минерализация речного стока в области его формирования зависит от его водности, а также фаз режима. При переходе в зону интенсивного использования стока (какой является среднее и нижнее течение р.Амударьи) роль естественных факторов в формировании гидрохимического режима уменьшается и все большее влияние оказывают поступающие в русло коллекторно-дренажные воды, их объем и минерализация, вследствие чего возрастает общая минерализация воды.

Анализ данных табл.1 показывает, что среднегодовая минерализация речного стока в зоне его формирования колеблется незначительно - 0,35-0,37 г/л. Поступление в притоки и р.Амударью коллекторно-дренажного стока с орошаемых земель верховьев (табл.4) приводит к росту минерализации р.Амударьи в створе Керки до 0,43-0,61 г/л (см.табл.2).

Таблица I

Динамика развития орошаемого земледелия и использования водных ресурсов р.Амударьи в верхнем течении (1970-1986 гг.)

Показатели	Ед.изм.	1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986
Площадь орошения	тыс.га	475,7	515,7	581,6	642,1	669,1
Водные ресурсы	км^3	69,2	60,5	65,6	64,1	51,7
Минерализация речного стока в зоне формирования	г/л	0,35	0,37	0,36	0,36	0,37
Сток солей из зоны формирования	млн.т	24,2	22,4	23,6	23,1	19,1
Безвозвратное использование водных ресурсов	км^3	7,9	5,0	5,1	7,9	5,0
Сток в створе Керки (в сумме со стоком Каракумского и Каршинского каналов)	-"-	61,3	55,5	60,5	56,2	46,7

Таблица 2

Динамика развития орошения и использования водных ресурсов р.Амударьи в среднем течении (1970-1986 гг.)

Показатели	Ед. изм.	1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986
Площадь орошения	тыс.га	386,1	641,7	984,7	1238	1352,3
Водные ресурсы	км^3	61,3	55,5	60,5	56,2	46,7
Минерализация в створе Керки	г/л	0,43	0,52	0,61	0,60	0,59
Сток солей в створе Керки	млн.т	26,4	28,9	36,9	33,7	27,6
Безвозвратное использование водных ресурсов	км^3	16,6	18,1	22,2	23,5	26,3
Сток в створе Туямуюн (Дарганата)	-"-	44,7	37,4	38,3	32,7	18,4

Таблица 3

Динамика развития орошения и использования водных ресурсов р.Амударьи в нижнем течении (1970-1986 гг.)

Показатели	Ед.изм.	1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986
Площадь орошения	тыс.га	499,8	562,6	660,5	846,4	962,7
Водные ресурсы	$км^3$	44,7	37,4	38,3	32,7	18,4
Минерализация в створе Туямуюн	г/л	0,44	0,58	0,73	0,95	1,06
Сток солей в створе Туямуюн	млн.т	19,7	21,7	28,0	31,1	19,5
Безвозвратное использование водных ресурсов	$км^3$	16,0	21,3	27,0	28,8	18,0
Сток в Аральское море	-"-	28,7	16,1	11,3	3,9	0,4

Если в начале рассматриваемого периода увеличение минерализации к замыкающему верхнее течение створу составляло 22 %, то к концу его - 60 %. Рост минерализации в гидростворе Керки обусловливается как увеличением объема сбрасываемого коллекторно-дренажного стока, так и некоторым ростом его минерализации за счет увеличения объема сброса высокоминерализованных вод с Сурханшерабадского массива в р.Амударью.

Резкое возрастание минерализации в створе Туямуюн (приток к нижнему течению; см.табл.3) после 1976 г. вызвано началом поступления в реку на участке среднего течения высокоминерализованного коллекторно-дренажного стока с Бухарско-Каршинской зоны.

Сравнение значений минерализации в створах Туямуюн и Керки за 1970-1975 гг., т.е. до начала работы Парсанкульского сброса (см. табл.2,3), показывает, что влияние КД стока, отводимого в р.Амударью с Туркменского прибрежного района, в эти годы было незначительным. Возрастание в последующие годы общего водозабора в среднем течении и КД стока с Туркменского прибрежного района привело к увеличению его "доли" в росте минерализации Амударьи. Однако Карши-Бухарский сброс, при стоке равном 1/3 всего сбрасываемого в Амударью в среднем течении, выносит в среднем 56 % (а в отдельные годы до 70 %) от всего количества солей на этом участке.

Научно-техническая САНИИРИ БИБЛИОТЕКА

Таблица 4

Динамика показателей коллекторно-дренажного стока, отводимого в р.Амударью (1970-1986 гг.)

Показатель	Ед. изм.	1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986
Верхнее течение:						
объем коллекторно-дренажного стока	км^3	3,78	3,75	4,11	5,51	5,1
минерализация КД стока	г/л	1,15	1,25	1,59	1,45	1,36
вынос солей КД стоком	млн.т	4,4	4,7	6,5	8,0	6,9
Среднее течение:						
объем КД стока	км^3	1,26	1,69	2,59	3,55	2,57
минерализация КД стока	г/л	3,02	3,2	3,50	3,84	3,97
вынос солей КД стоком	млн.т	3,8	5,4	9,3	13,6	10,2
Нижнее течение:						
объем КД стока	км^3	-	-	0,26	0,40	0,36
минерализация КД стока	г/л	-	-	3,4	3,3	5,3
вынос солей КД стоком	млн.т	-	-	0,9	1,3	1,9

Таким образом, в результате сброса в р.Амударью на участке среднего течения КД стока, отводимого с орошаемых земель Бухарского, Каршинского и Туркменского прибрежного районов, минерализация речного стока, поступающего в низовья за рассматриваемый период, возросла по сравнению с естественной (в зоне формирования) в 3 раза, а по сравнению со ств.Керки - почти вдвое. На рис.1,2 показано влияние режима поступления КД стока в среднем течении р.Амударьи до начала сброса с Карши-Бухарской зоны и с его участием на минерализацию низовьев (на примере средневодных 1971 и 1963 гг.).

Из рисунков видно, как резко возросла минерализация реки, особенно в зимне-весенний период, что объясняется большим объемом сброса с Каршинского и Бухарского районов именно в этот период (по величине, приближающейся к сбросу в летние месяцы), когда в реке наблюдаются минимальные расходы, еще более снижающиеся из-за

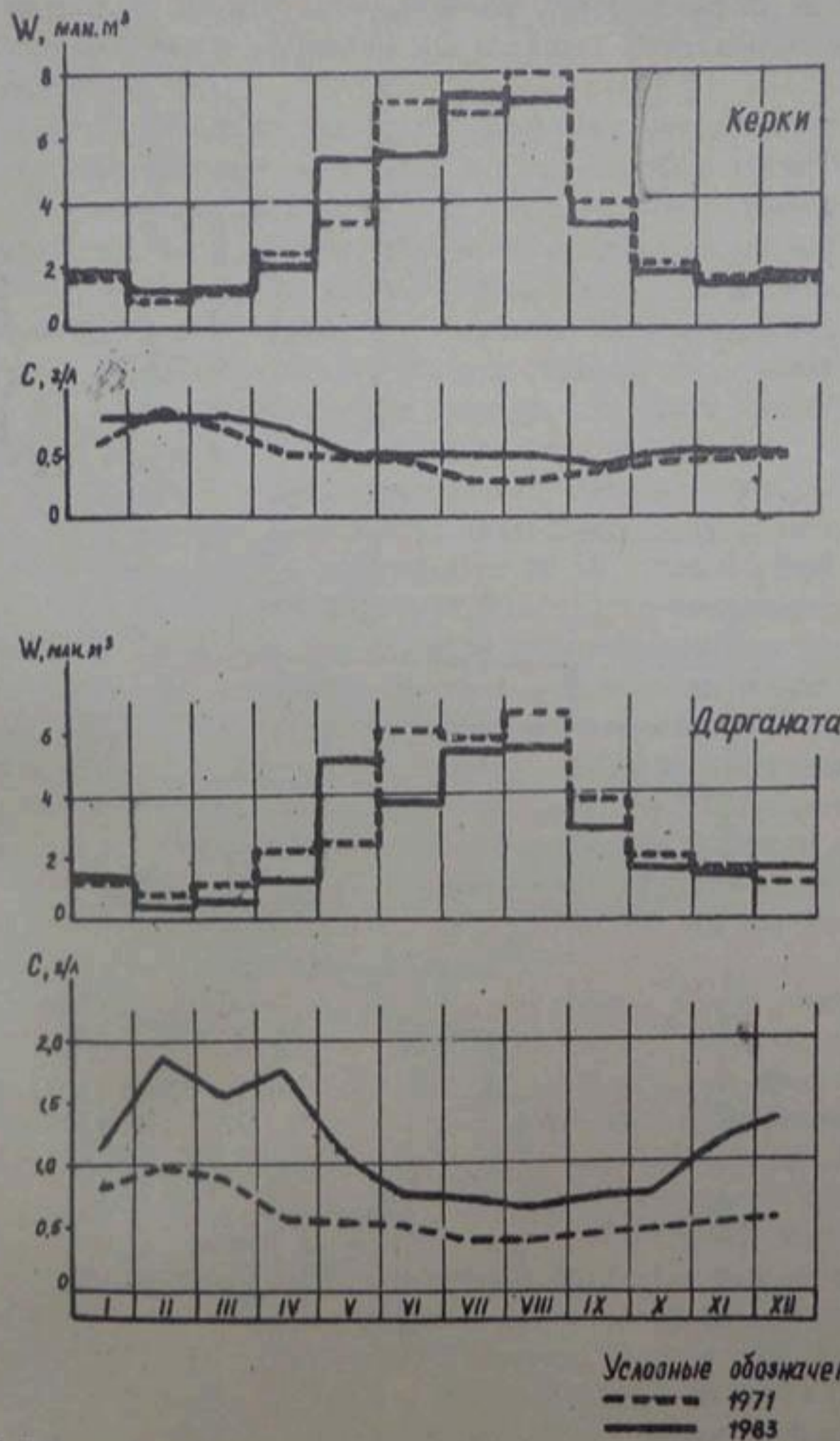


Рис.I.Совмещенный график хода стока и минерализации р. Амударьи в створах Керки и Дарганата за 1971 и 1983гг.

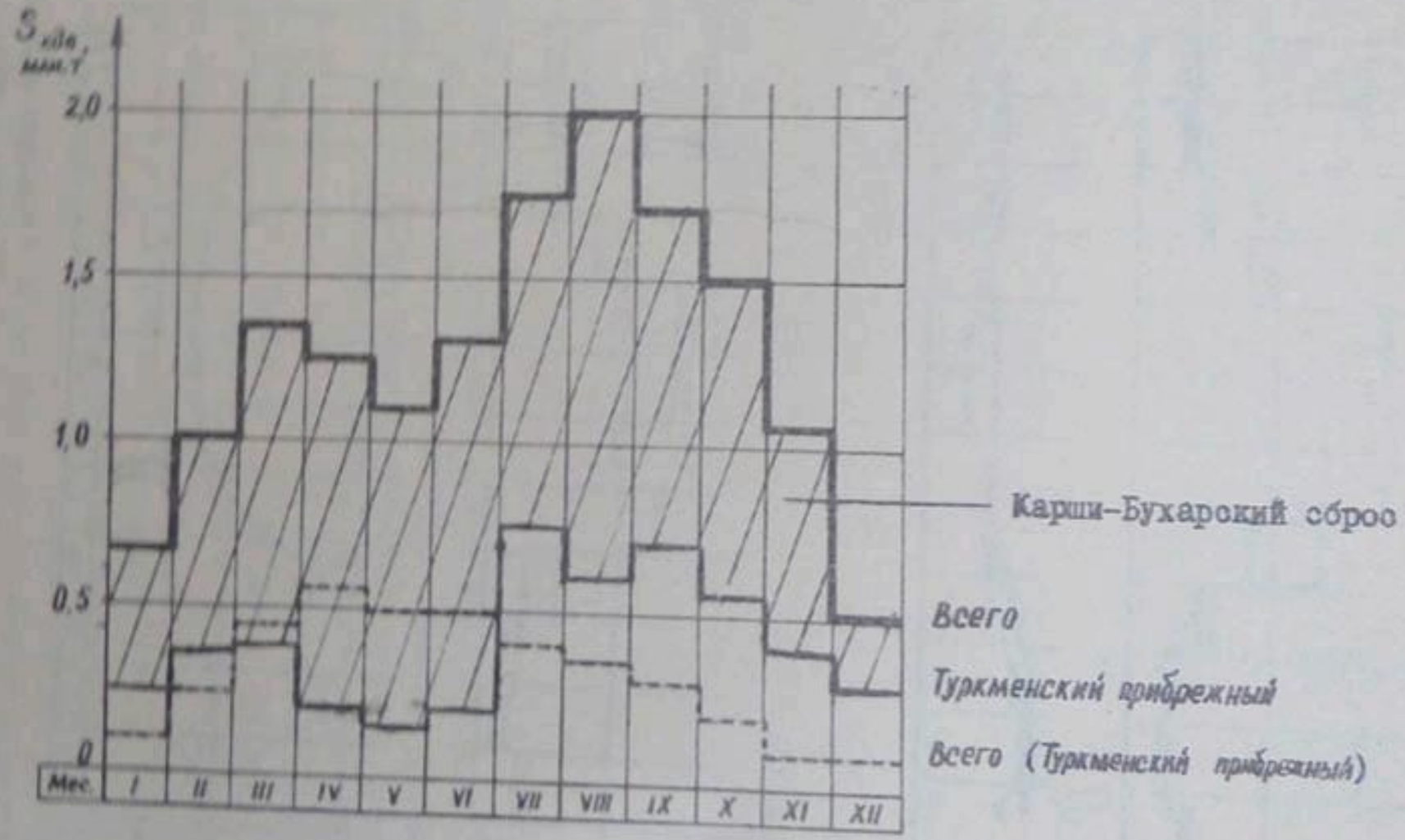


Рис.2.Динамика внутригодового распределения выноса солей КДВ в р.Амударью на участке среднего течения (условные обозначения те же, что и на рис.I).

значительных водоотборов в Каракумский, Каршинский и Амубухарский каналы, и высокая (естественная) минерализация. Минерализация речной воды в отдельные дни и декады февраля-апреля достигает 2,0-2,7 г/л.

Отсутствие других, кроме Амударьи, источников питьевого водоснабжения в нижнем течении и вынужденное использование для питьевых целей амударьинской воды приводит к значительному ущербу здравоохранения региона, способствует распространению инфекционных заболеваний, эпидемий, повышению детской смертности, развитию мутагенеза. Кроме того, сдвижка пика минерализации с зимнего на весенний и начало летнего периода представляет опасность для сельскохозяйственных культур, так как в начале вегетационного периода растения наименее солеустойчивы.

Таким образом, на участке среднего течения Амударьи КД стоком Туркменского прибрежного, Каршинского и Бухарского водохозяйственных районов сбрасывается до 16,7 млн.т солей (в среднем за последние 3 года - 15,5 млн.т); с увеличением водозабора и минерализации оросительной воды одновременно растет количество солей, забираемых из реки на орошаемую территорию, что способствует ухудшению мелиоративной обстановки на орошаемых землях среднего и нижнего течения, приводит к необходимости повышения оросительных норм для "выбивания" дополнительно поступающих с оросительной водой солей, в итоге - к снижению оросительной способности реки, повышению уровня грунтовых вод, а также нагрузки на дренаж, который из-за малых уклонов местности не справляется с возрастающей нагрузкой.

Так, минерализация р.Амударьи на входе в нижнее течение (створ Дарганата) к 1986 г. увеличилась по сравнению со створом Керки в 1,6-1,8 раза. Сброс в р.Амударью уже в пределах нижнего течения еще 1,5 - 2 млн.т солей повышает минерализацию забираемой выше Тахиаташского гидроузла воды еще на 17-20 %.

Рассредоточенность сбросов КД стока Туркменского прибрежного района по всему участку среднего течения реки, поступающих с левого и правого берега, делает задачу отсечки их от реки технически более сложной, чем отведение двух сконцентрированных правобережных сбросов с Каршинского и Бухарского районов. Предотвращение сброса с Карши-Бухарской зоны в Амударью позволит снизить среднюю годовую минерализацию в створе Туямуюн на

0,2-0,3 г/л, а минерализацию зимне-весеннего периода - до 0,8-I,0 г/л.

Выводы

Анализ сложившейся обстановки с ростом минерализации р.Амударьи позволяет наметить мероприятия по ее снижению.

I. Наиболее эффективным мероприятием по снижению минерализации воды в реке явится прекращение сброса высокоминерализованного коллекторно-дренажного стока с Карши-Бухарской зоны, что позволит снизить среднегодовую минерализацию амударьинской воды, поступающей в низовья, до 0,6-0,7 г/л, а в период зимне-весенней межени - до 0,8-I,0 г/л.

2. Отводимый сток может быть использован для орошения солеустойчивых культур на почвах легкого механического состава.

3. В целях оздоровления экологической обстановки в среднем и нижнем течении Амударьи необходимо повысить управляемость водными ресурсами реки и дисциплину водопользования, не допуская необоснованных переборов воды в оросительные системы верхнего течения и последующих сбросов оросительной воды в коллекторную сеть.

Б.К.Каримов, канд.биол.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ПРИНЦИПЫ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАСПОРТИЗАЦИИ ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Интенсивное развитие сельского хозяйства и промышленности, производительных сил общества, а также быстрый рост численности населения республик Средней Азии в течение нескольких последних десятилетий привели к резкому повышению антропогенного воздействия на природную среду. При этом наиболее пострадали водные экосистемы в результате полного забора воды рек на орошение.

В связи с потерей народнохозяйственного значения Аральского моря вследствие понижения его уровня и ухудшения качества воды роль внутренних водоемов в обеспечении населения гидробиопродуктами стала решающей.

Однако результаты предварительных исследований, проведенных

нами в 1987 г. в Хорезмской области, показали высокую степень загрязненности водоемов токсическими веществами, вследствие чего неоднократно наблюдалась массовая гибель рыб. В апреле этого года в оз.Тудакуль Бухарской области погибло более 50 т рыбы; предполагаемая причина гибели - загрязнение сельхозстоками.

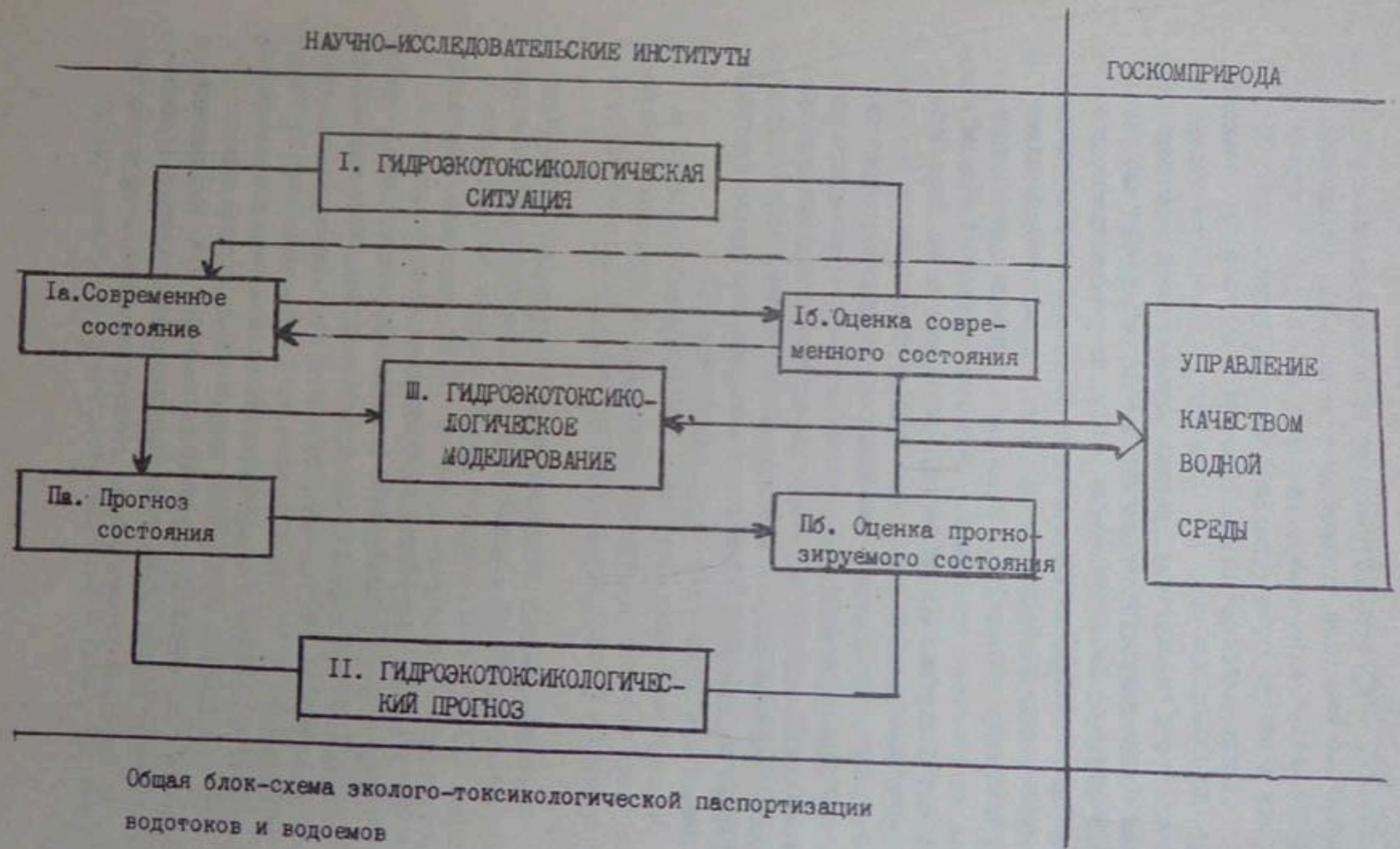
Аналогичные случаи наблюдаются повсеместно и в других водоемах Среднеазиатского региона. В теле рыб и растений накапливается значительное количество различных ядохимикатов, что представляет потенциальную опасность для здоровья населения. Происходит смена наиболее ценных видов гидробионтов на менее ценные и малопродуктивные. В настоящее время ни один водоем региона не отвечает требованиям названия "природный водоем". Дальнейшая бездумная хозяйственная деятельность человека может привести к необратимой деградации водных экосистем.

В связи со сказанным, возникает необходимость разработки эколого-токсикологической паспортизации (ЭТП) - основного документа, показывающего качественное состояние водоема как единой экологической системы и основных направлений водо- и природоохранных мероприятий. Для этого необходимо создание программы, отражающей принципиальную схему разработки ЭТП.

Предлагаемая нами блок-схема ЭТП (рисунок) основана на результатах проведенных нами исследований на водоемах и учитывает последние достижения водной экотоксикологии и экологии вообще.

Из рисунка видно, что схема представляет собой два тесно взаимосвязанных блока. Первый блок - гидроэкотоксикологическая ситуация (ГЭТС) служит основой для построения второго блока - гидроэкотоксикологического прогноза (ГЭТП) возможных изменений ГЭТС под влиянием антропогенных факторов.

Подблок Iа предусматривает решение следующих задач. I.Сбор информации об источниках, характере и масштабах промышленных и коммунально-бытовых загрязнений в настоящее время и в перспективе, о водопотреблении и водоотведении; 2. Сбор информации о масштабах и ассортименте применяемых в исследуемом регионе агрохимикатов, объемах ЮДВ; 3. Исследование выноса с орошаемых территорий и выпадений из атмосферы; 4. Определение современного уровня загрязнения исследуемых водотоков и водоемов; 5. Изучение распределения стойких токсикантов в водных



Общая блок-схема эколого-токсикологической паспортизации водотоков и водоемов

экосистемах - в воде, взвешенных веществах, донных отложениях, биоте - преимущественно в организмах мониторов (тростник, моллюски, хищные рыбы (судак) и промысловые (сазан, лещ и др.); 6. Исследование продукционно-деструкционных процессов и самоочищения; 7. Сбор материалов по качественному и количественному составу обитаемых гидробионтов, индексы качества воды; 8. Исследование степени токсичности воды методами водной токсикологии и увязка этих данных с характером загрязнения; 9. Определение современного состояния водоемов дистанционными методами (аэрокосмические методы).

Подблок Iб предусматривает решение следующих задач. I. Анализ и оценка данных по токсикогенному стоку(пункты I и 2 блока Iа); 2. Оценка гидролого-гидрохимического и токсикологического режима водоемов по данным натурных исследований и аэрокосмических снимков; 3. Строение блок-схем, описывающих основные пути гидробиологической миграции токсических веществ; 4. Классификация водоемов и водотоков в зависимости от типа и уровня их загрязнения; 5. Определение водных объектов с наиболее напряженной токсикологической ситуацией, в том числе вредной и для здоровья людей; 6. Оценка качества воды расчетными интегральными показателями (обобщенный показатель, обобщенный показатель по лимитирующей группе веществ и обобщенный показатель по лимитирующему веществу); 7. Оценка состояния элементов водных экосистем и возможных экологических последствий; 8. Составление рекомендаций по первоочередным водо- и природоохранным мероприятиям.

Подблок IIа состоит из двух частей: ретроспективный анализ (за предыдущие 5-I0 лет) и перспективный прогноз на следующие расчетные уровни: I99I-I995; I996-2000; 200I-2005; 2006-20I0 гг.

Подблок IIб состоит из трех частей: оценка прогнозируемого состояния с санитарно-гигиенических, рыбохозяйственных, а также экологических позиций.

Ясно, что комплексное использование водных ресурсов необходимо сочетать с комплексной охраной их, учитывающей закономерности круговорота энергии и вещества в экосистемах, что отражено в настоящей блок-схеме.

Полная разработка предлагаемой программы, по нашему мнению, может обеспечить надежную охрану водных экосистем от загрязнения и деградации.

О.А.Каюмов, канд.техн.наук
В.А.Николаенко, канд.хим.наук
И.В.Когтева, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

О КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В НИЗОВЬЯХ р.АМУДАРЬИ

В последние годы в бассейне р.Амударьи резко возросли водозаборы на орошение и сбросы в реку высокоминерализованных коллекторно-дренажных вод, что привело к увеличению минерализации речной воды и ухудшению экологической обстановки в нижнем течении. В низовьях Амударьи возникла и резко обострилась проблема питьевого водоснабжения. Использование для питья загрязненной воды привело к росту заболеваемости населения /2/.

Для обеспечения питьевой водой населения низовьев Амударьи ведется строительство водопроводных систем Туямуюн-Нукус, Туямуюн-Ургенч и Туямуюн-Ташауз. Суммарная мощность водопроводных систем составит около I,0 млн.м^3/сут. В перспективе она должна возрасти до I,9 млн.м^3/сут.

В летний период водозабор в системах будет осуществляться из головных участков левобережного и правобережного Туямуюнских магистральных каналов, вода в которые поступает из Руслового водохранилища. В остальное время года, по предложению САНИИРИ, водозабор будет осуществляться из Капарасского водохранилища, входящего в состав Туямуюнского гидроузла.

Так как через Русловое водохранилище проходит весь сток Амударьи, качество воды в этой емкости, в Капарасе и в водопроводных системах будет полностью зависеть от качества речной воды.

Данные по содержанию показателей качества воды в Капарасском водохранилище за период с I986 по I988 год по результатам наблюдений УГМС УзССР приведены в табл. I.

Таблица I

Показатели качества воды в водохранилище Капарас за 1986-1988 гг.

Компоненты	Нормативы ПДК	Период	Содержание: поверхность	Содержание: дно	Единица измерения
		Общие требования			
Водородный показатель (pH)	6,5-8,5	Весенне-летний	7,60-8,65 / 7,97	7,60-8,25 / 7,97	-
		Осенне-зимний	7,85-8,20 / 7,98	7,85-8,00 / 7,93	-
		Средне-годовой	7,98	7,95	-
Растворенный кислотой	Не менее 4,0	Весенне-летний	5,93-12,90 / 8,80	6,34-12,36 / 9,04	мг/л
		Осенне-зимний	8,34-14,79 / 11,59	8,70-14,48 / 11,81	-"-
		Средне-годовой	10,20	10,42	-"-
$БПК_{полн.}$	Не более 3,0	Весенне-летний	0,11-4,89 / 0,81	0,23-4,63 / 1,48	-"-
		Осенне-зимний	1,17-5,73 / 3,45	1,03-5,92 / 2,38	-"-
		Средне-годовой	2,13	1,93	
		Органолептический ЛПВ			
Хлориды	350	Весенне-летний	37,5-295,0 / 169,3	99,3-296,0 / 176,5	мг/л
		Осенне-зимний	149,0-268,0 / 214,5	124,0-254,0 / 206,2	-"-
		Средне-годовой	191,9	191,3	-"-
Сульфаты	500	Весенне-летний	162,0-472,0 / 337,3	188,0-519,0 / 355,3	-"-
		Осенне-зимний	346,0-484,0 / 427,8	342,0-519,0 / 450,5	-"-
		Средне-годовой	382,6	402,9	мг/л

Продолжение табл. I

Компоненты	Нормативы ПДК	Период	Содержание: поверхность	Содержание: дно	Единица измерения
Минерализация	I000	Весенне-летний	492,0-I236 / 864,9	526,0-I279 / 89I,7	-"-
		Осенне-зимний	822,0-I240 / I062	80I,0-I279 / I086	-"-
		Средне-годовой	99I	990	
Общая жесткость	7	Весенне-летний	5,76-I2,77 / 8,79	4,90-I3,6I / 8,96	ммоль/л
		Осенне-зимний	9,69-I5,II / II,80	9,69-I5,24 / II,70	-"-
		Средне-годовой	I0,30	I0,30	-"-
Железо общее	0,5	Весенне-летний	0-0,07 / 0,02	0-0,I0 / 0,03	мг/л
		Осенне-зимний	0-0,05 / 0,02	0,0I-0,05 / 0,03	-"-
		Средне-годовой	0,02	0,03	-"-
Кремний	I8,0	Весенне-летний	I,7-5,3 / 3,4	I,2-8,8 / 3,3	-"-
		Осенне-зимний	2,5-3,7 / 3,I	2,4-4,3 / 3,0	-"-
		Средне-годовой	3,3	3,2	-"-
Нефтепродукты	0,3	Весенне-летний	0-0,I8 / 0,07	0-0,33 / 0,06	мг/л
		Весенне-зимний	0-0,II / 0,04	0-0,28 / 0,08	-"-
		Средне-годовой	0,05	0,07	-"-
Фенолы	0,00I	Весенне-летний	0-0,004 / 0,002	0-0,004 / 0,002	-"-
		Осенне-зимний	0,00I-0,004 / 0,002	0,00I-0,0I7 / 0,004	-"-
		Средне-годовой	0,002	0,003	-"-

Продолжение табл.I

Компоненты	Нормативы ПДК	Период	Содержание		Единица измерения
			поверхность	дно	
СПАВ	0,5	Весенне-летний	0-0,0I / 0,004	0-0,04 / 0,0I	-"-
		Осенне-зимний	0-0,03 / 0,0I	0-0,03 / 0,0I	-"-
		Средне-годовой	0,007	0,0I	-"-
ГХЦГ	0,02	Весенне-летний	0-0,II0 / 0,0I5	0-0,203 / 0,023	мкг/л
		Осенне-зимний	0-0,I36 / 0,052	0,004-0,038 / 0,0I5	-"-
		Средне-годовой	0,033	0,0I9	-"-
	Общесанитарный ЛПВ				
Азот аммонийный	2,0	Весенне-летний	0-0,I8 / 0,02	0-0,I7 / 0,02	мг/л
		Осенне-зимний	0-0,08 / 0,03	0-0,06 / 0,02	-"-
		Средне-годовой	0,03	0,02	-"-
	Санитарно-токсикологический ЛПВ				
Азот-нит-ратный	I0	Весенне-летний	0,0I-I,52 / 0,53	0,0I-I,34 / 0,47	-"-
		Осенне-зимний	0,II-0,86 / 0,43	0,I8-0,92 / 0,6I	-"-
		Средне-годовой	0,48	0,54	-"-

Примечание. В числителе предельные значения, в знаменателе средние.
Нормативы ПДК даны в мг/л (кроме pH).
Общая жесткость - в ммоль/л.
ЛПВ - лимитирующий показатель вредности.

Результаты исследования показали, что из 15 анализируемых показателей качества воды четыре превышали ПДК: минерализация воды, общая жесткость, $БПК_{полн.}$ и наличие фенолов (табл.2). При этом единичное превышение норм $БПК_{полн.}$ обнаружено в марте, июне и июле. В 1986 г. минерализация воды превышала ПДК в 1,1 - 1,3 раза во все месяцы, кроме июля и августа; в 1987 - 1988 гг. превышение наблюдалось только в марте и апреле - в 1,1 - 1,2 раза. Общая жесткость воды уменьшалась в основном в июле-августе, когда в поверхностных слоях воды концентрация ее не превышала 1,3 ПДК, а в придонных достигала 1,5. В другие месяцы (кроме июня 1987 г.) общая жесткость изменялась от 1,2 до 2,2 ПДК.

Полного отсутствия фенолов в водохранилище практически не наблюдалось. Их превышение в различные месяцы составляло от 1 до 6 ПДК, а в среднем за три последних года в поверхностных слоях воды равнялось 2 ПДК; в придонных - 1 ПДК.

Наблюдения за такими компонентами, как минерализация, общая жесткость, наличие сульфатных и хлоридных ионов, проводятся на Туямуюнском гидроузле не только УГМС, но и другими организациями. До 1986 г. они проводились Средазгидропроектом, а с 1986 г. и по настоящее время - САНИИРИ. Наблюдению подвергнуты участки реки в верхнем и нижнем бьефах гидроузла по четырем береговым гидропостам, охватывающим участок реки протяженностью свыше 100 км. В вегетационный период пробы воды отбираются ежесуточно, в меженный - каждые 3-5 дней.

По данным многолетних наблюдений, сток р.Амударьи изменялся от 16,4 куб.км в 1986 г. до 44,0 куб.км в 1988 г. - самый маловодный, а также многоводный год. При этом среднемесячная годовая минерализация речной воды колебалась от 0,6 г/л (летом, в июле) до 1,8 (ранней весной, март-апрель). Длительность периодов с минерализацией речной воды меньше 1,0 г/л зависит от водности года. Наименьший период отмечался в маловодном 1986 г. - длился около 3 месяцев, наибольший - в многоводном 1988 г. - с мая по декабрь включительно.

На основании экспериментальных данных можно констатировать, что на современном уровне в створе Туямуюнского гидроузла качество речной воды в летний период по подавляющему числу нормируемых показателей отвечает требованиям ГОСТ 17.1.3.03.-77 "Вода питьевая". Превышение ПДК по двум нормируемым показателям - фенолу и $БПК_{полн.}$ - опасности не представляет. Существующая технология

водоочистки на головных водопроводных станциях строящихся систем позволяет снизить их величину до нормы / I,2,4,5 /.

Прогнозирование качества воды на перспективу показывает, что при исключении из режима работы ВХК сброса коллекторно-дренажных вод из Каршинского и Бухарского оазисов вода реки будет отвечать требованиям ГОСТ. В 1989 г. прогноз будет уточнен в связи с принятием в сентябре 1988 г. Постановления[x)] по Аралу, в соответствии с которым за счет введения лимитов на водозаборы и оплаты за воду следует ожидать увеличения стока, а следовательно, и улучшения качества водных ресурсов в низовьях Амударьи.

Для изоляции Капараса и возможности аккумулирования в нем летней паводковой воды возводятся специальные сооружения. Капарас имеет нормально-подпертый уровень НПУ=130 м, уровень "мертвого" объема - УМО = 120 м. Объемы водохранилища: полный 960 млн.м^3, полезный 550, "мертвый" 410. После реализации специальных мероприятий по использованию емкости в питьевых целях уровень "мертвого" объема будет равен УМО = 116 м. Соответственно полезный объем увеличится, а "мертвый" уменьшится на 130 млн.м^3; тогда полезная емкость водохранилища возрастет до 680 млн.м^3, а "мертвая" уменьшится до 280.

Годовая потребность населения низовьев Амударьи в питьевой воде на уровне 1990 г. составляет 250 млн.м^3, на уровне 1995 г. - 510. В перспективе за пределами 2000 г. потребность может возрасти до 690 млн.м^3.

Исходя из указанных показателей, мы определили потребные объемы наполнения Капараского водохранилища. При этом учтено, что два летних месяца в году (июль - август) речная вода в створе Туямуюнского гидроузла по большинству нормируемых показателей отвечает требованиям ГОСТ. Поэтому в этот период одновременно с заполнением Капараса подача воды в водопроводные системы будет производиться непосредственно из реки. С учетом этого фактора и неизбежных потерь на испарение и фильтрацию в Капарасе до 50 млн.м^3/год, потребные объемы его заполнения должны быть следующими: 1990 г. - 540 млн.м^3, 1995 - 750; в перспективе - 900.

Сравнение потребных объемов наполнения рассматриваемого водохранилища с его полезной емкостью свидетельствует, что Капарас мо-

---

x) Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 19.09.1988 г. № 1110 "О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря, повышению эффективности использования и усилению охраны водных и земельных ресурсов в его бассейне".

Таблица 2

Величина превышения норм ПДК компонентов, определяющих качество воды в Капарасском водохранилище

Месяц	1986 г.				1987 г.				1988 г.			
	Сумма ионов	ОЖ	$БПК_{п.}$	Фенолы	Сумма ионов	ОЖ	$БПК_{п.}$	Фенолы	Сумма ионов	ОЖ	$БПК_{п.}$	Фенолы
III	1,2/1,2	1,4/1,4	1,9/2,0	2/2	1,2/1,2	1,8/1,8	1/0	1/1	1,1/1,1	2,1/2,2	1,3/0	2/6
IУ	1,1/1,2	1,2/1,3	0	1/0	1,1/1,2	1,8/1,9	0	1/0	0/1,1	1,5/1,6	0	4/4
У	1,2/1,1	1,3/1,2	0	1/1	0	1,6/1,7	0	0	0	1,2/1,2	0	3/3
УI	1,2/1,2	1,3/1,4	0	0/1	0	0	0	0	0	1,6/1,4	0/1,1	3/3
УII	0	0	0/1,5	0/2	0	0/1,1	1,6/1,1	1/3	0	0	0	0/1
УIII	0	0	1,1/0	3/1	0	1,3/1,5	0	4/0	0	0/1,4	0	4/3
IX	1,1/1,3	1,4/1,4	0	2/4	0	-	0	-	0	1,4/1,3	0	2/3
X	1,2/1,3	1,5/1,4	0	4/17	0	1,6/1,5	0	2/1	0	1,7/1,7	0	1/1

Примечание. В числителе – поверхностный слой воды; в знаменателе – придонный; "0" – концентрация ниже ПДК, "–" – данных нет, ОЖ – общая жесткость.

жет удовлетворить потребности населения низовьев Амударьи в питьевой воде не только на современном уровне и на ближайшую перспективу, но и за пределами 2000 г.

Однако Туямуюнский гидроузел предназначен для обеспечения рационального регулирования стока Амударьи не только для питьевых целей, но и в интересах ирригации. Поэтому необходимо увязать уровенные режимы Руслового и Капарасского водохранилищ.

Исходя из потребных запасов воды в Капарасе, рассчитаны минимально необходимые уровни его заполнения по временным этапам: 1990 г. - 123,0 м; 1995 г. - 126,0 м; 2000 г. - 129,0 м. При запроектированном составе сооружений уровни в Русловом водохранилище должны быть не меньше указанных, так как по проекту Средазгидропроекта Капарасское водозаборное сооружение возводится в концевой части русловой емкости вблизи плотины.

Таким образом, неизбежным является подпор уровней воды перед плотиной в летний период. Опыт эксплуатации Туямуюнского гидроузла показал, что подпор уровней вызывает интенсивное заиление русловой емкости, возрастают непроизводительные потери воды на испарение и фильтрацию, а в нижний бьеф и в каналы поступает осветленная вода, лишенная плодородного амударьинского ила. По данным исследований САНИИРИ, заиление русловой емкости на начало 1989 г. составило 600 млн.м^3.

Воднобалансовые расчеты показали, что при среднегодовых уровнях воды в Русловом водохранилище перед плотиной 127-128 м, отрицательные невязки стока, т.е. непроизводительные потери воды, составили около 5,0 млрд.м^3. В обычные годы при сниженных горизонтах воды эти потери в 2,5-3 раза меньше.

При таком уровенном режиме дополнительный ущерб интересам ирригации обусловлен тем, что соотношение между полезными объемами Капарася и русловой емкостью составляет, примерно, 1:3. Поэтому для аккумулирования в Капарасе годового запаса питьевой воды в количестве 475 млн.м^3 на уровне 1995 г., а в перспективе - 625 млн.м^3 необходимо летом в Русловом водохранилище накапливать объемы воды в 3 раза большие, т.е. соответственно 1,4 и 1,9 млрд.м^3.

Однако в маловодные годы достичь таких значений практически невозможно. Поэтому забор воды должен производиться при бесподпорном режиме в Русловом водохранилище. При этом отметки у плотины должны быть не выше уровня мертвого объема. Заполнение Ка-

параса может осуществиться через водозабор, организованный, примерно, в 50 км выше плотины, где летние уровни воды в реке при бесподпорном режиме достигают отметок I27-I28 м. Благодаря этому самотеком можно наполнить Капарас до объемов достаточных для удовлетворения потребностей низовьев в питьевой воде на уровне I990-I995 гг.

Следует отметить, что до заполнения Капараса в его чаше имелись залежи соли - около 2,0 млн.т. Заполнение его началось совместно с Русловым водохранилищем в июне I98I г. Наблюдения за минерализацией воды ведутся с I983 г.

Исследования показали, что растворение залежей соли происходило медленно, его незначительное влияние на увеличение минерализации воды в этой емкости обнаруживалось только в первые 2-3 года. При этом в летнее время вода имела минерализацию меньше I,0 г/л. К настоящему времени Капарас в основном промыт от соли. Это подтверждается значениями минерализации воды в придонном слое, которые почти не отличаются от поверхностных -в среднем превышают последние на I0 %.

В Капарасе имеются также благоприятные условия для сохранения качества воды по гидробиологическим показателям. В частности, по содержанию биогенных элементов и органического вещества можно судить о возможности "цветения" воды. В Капарасе условия для цветения воды неблагоприятные, и в дальнейшем этот процесс исключается.

Биоценоз в Капарасе будет складываться за счет озерно-прудовых форм с широким ареалом. Как в качественном, так и количественном отношениях в биоценозе водохранилища будут доминировать олиго-, β - мезосапробные формы организмов. Из-за обедненности водохранилища биогенными веществами биоценоз развивается относительно слабо, а сам водоем по этому признаку относится к олиготрофным.

Выводы

I. В створе Туямуюнского гидроузла показатели качества речной воды изменяются в широких пределах и зависят от сезона года, водности реки, объема сброса в реку КДВ и степени загрязнения ими. По нормам ГОСТ удовлетворительное качество воды в реке наблюдается летом, когда превышение ПДК обнаруживается лишь по фенолу и частично по общей жесткости.

2. Водоснабжение населения низовьев Амударьи на уровне 1990-1995 гг. может быть обеспечено при использовании для питьевых целей Капарасского водохранилища. Для гарантированного недопущения превышения ПДК загрязняющими веществами в перспективе необходимо ускорить работы по отведению коллекторно-дренажных вод среднего течения от реки, вначале хотя бы в течение четырех месяцев (май-август).

3. Запроектированный комплекс сооружений на Капарасе может обеспечить его наполнение только при условии подпора уровней в Русловом водохранилище. Подпор же уровней приведет к определенному ущербу интересам ирригации в низовьях Амударьи.

4. Для устранения противоречий между интересами питьевого водоснабжения и ирригации необходимо построить дополнительный комплекс сооружений, который позволит производить забор воды из реки в 50 км выше плотины без подпора уровней в Русловом водохранилище. Это обеспечит возможность забора воды в объеме, достаточном для удовлетворения нужд населения низовьев на уровне требований 1995 г.

Список использованной литературы

1. Делягин Н.Н. Очистка фенольных сточных вод. - М.: Стройиздат, 1965, 92 с.
2. Рудник В.А. Фабрики чистой воды. - Киев: Техника, 1984, 160 с.
3. Судьба Арала. Ташкент: Мехнат, 1988, 224 с.
4. Унгуряну Д.В. Очистка производственных сточных вод в биологических прудах. - Кишинев: Штиинца, 1975, 107 с.
5. Шевченко М.А. Органические вещества в природной зоне и методы их удаления. - Киев: Наукова думка, 1966, 203 с.

Р.М.Разаков, канд.техн.наук, Б.К.Каримов, канд.биол.наук,
О.С.Дунин-Барковская
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД СИСТЕМЫ ОЗЕРНОГО КОЛЛЕКТОРА "ДРУЖБА"

В зоне Озерного коллектора, расположенного в Хорезмской об-

ласти, орошается 188 тыс.га, из них 20 тыс.га находятся под рисовыми системами, остальные, в основном, под хлопчатником. Для Хорезмской области характерен равнинный рельеф с малыми уклонами, земли сложены русловыми отложениями (серые пески). Трасса Озерного коллектора проходит преимущественно в плывунных песках, подстилаемых глинами мощностью 10-15 м. На протяжении 150 км коллектор собирает сток почти 50 межхозяйственных коллекторов, пересекает множество крупных и мелких озер и на территории Туркменской ССР соединяется с коллектором Дарьялык и сбрасывается в понижение Сарыкамыш.

Из-за сравнительно низкого КПД каналов (0,56), переходящих в земляные русла, отсутствия совершенных оросительных дренажных (закрытых) систем и практикуемого в области гидроморфного режима орошения для подавления реставрации засоления при слабом естественном подземном оттоке проводились учащенные вегетационные поливы, что привело к подъему грунтовых вод и непроизводительным потерям воды. Вследствие роста орошаемых площадей и увеличения сброса сельскохозяйственных стоков до двух раз возросли расходы Озерного коллектора. Интенсивные русловые деформации, подъем дна и отметок горизонта воды на 1-1,5 м вызвали подтопление устьевых частей коллекторов-вводов.

В настоящее время в Хорезмской области проводятся реконструкция оросительных и дренажных систем, облицовка межхозяйственных каналов, строительство закрытого дренажа, укрупнение и планировка полей, внедряется новая поливная техника. Эти мероприятия должны уменьшить удельное водопотребление воды в области в 1,5-1,8 раза, улучшить мелиоративное состояние земель, повысить урожайность культур.

В результате полной реконструкции коллектора его глубина увеличится на 1,5-2,0 м, а расходы уменьшатся со 130 $м^3/с$ до 80 $м^3/с$, что соответствует проектным данным.

В связи с намеченными мероприятиями в НПО САНИИРИ выполнены комплексные исследования для решения вопросов охраны окружающей среды в зоне влияния коллектора и создания благоприятной экологической обстановки. В течение 1987 г. проводилось трехкратное обследование вод системы Озерного коллектора: в начале вегетационного периода (апрель), середине (июнь) и в конце (сентябрь). Коллекторная сеть и схема расположения станций отбора проб приведены на рис.1. При отборе проб и проведении химанализов пользовались

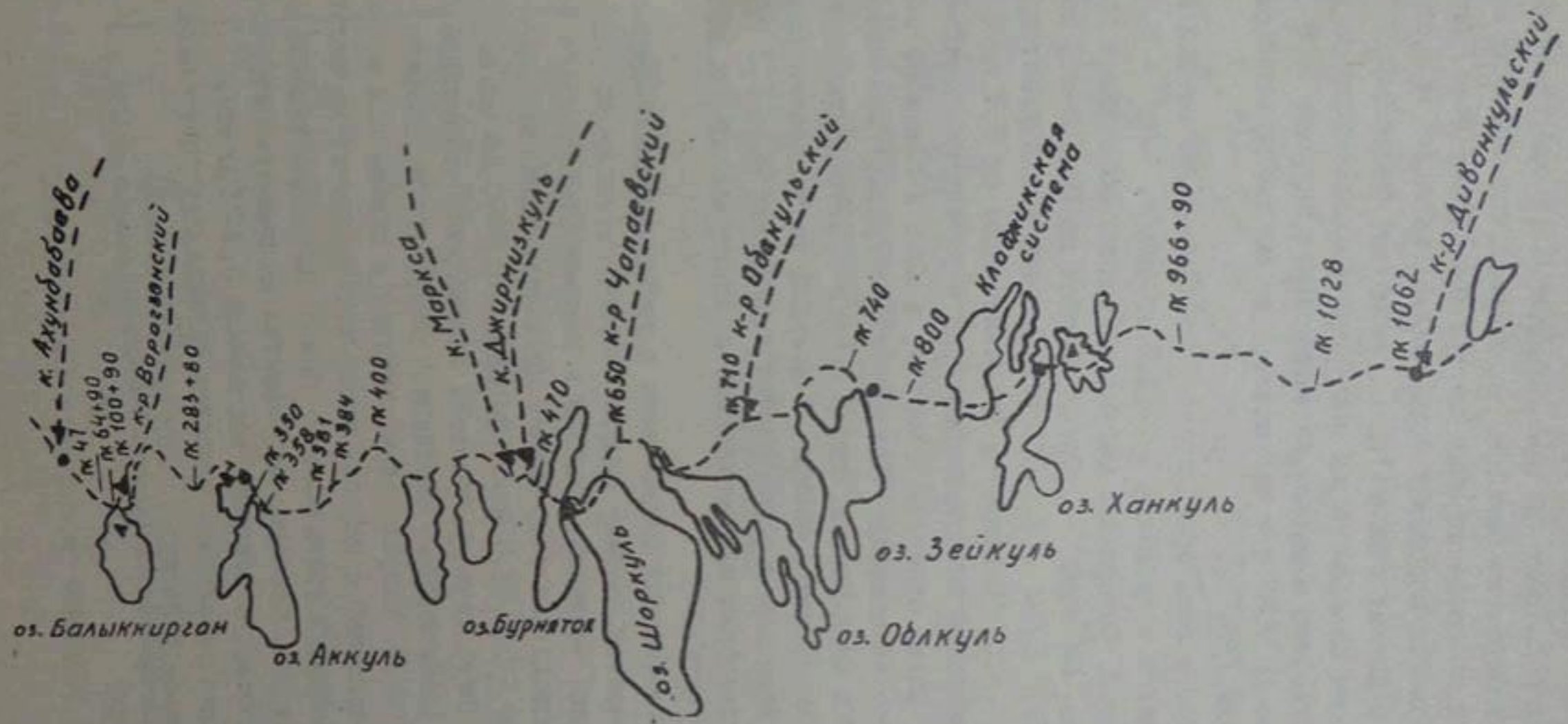


Рис.I. Схема расположения станций отбора проб:

● - станции, расположенные на Озерном коллекторе "Дружба";

▲ - станции, расположенные на межхозяйственных коллекторах и озерах

общепринятыми методиками / I,2 /. В водных пробах помимо общей минерализации и ионного состава определялось содержание соединений азота и фосфора, фенолов, нефтепродуктов, тяжелых металлов, бора, фтора и хлорорганических пестицидов. Кроме того, было установлено содержание подвижных форм тяжелых металлов и пестицидов в теле рыб, в донных отложениях и взвешенных веществах.

Наибольшая минерализация вод Озерного коллектора за период наблюдений отмечена в начале вегетационного периода: 3,8-5,64 г/л. Увеличение ее до 7,67 г/л наблюдается на выходе коллектора из оз.Улугшуркуль (рис.2).

Среди катионов в воде преобладает Na^{+} (I90-8I,58 мг-экв/л), ион Ca^{2+} содержится в пределах 3,7-I4,2 мг-экв/л, Mg^{2+} - 8,0 - - 25,6 мг-экв/л. Содержание магния постоянно составляет более 50 % от суммы $Ca^{2+}+Mg^{2+}$. Среди анионов до ПК 750-800 преобладают ионы SO_4^{2-} (ΣU = 2,I-3,5 г/л), затем увеличивается содержание Cl^{-}. HCO_3^{-} изменяется незначительно: от 3,8 до 5,8 мг-экв/л. Максимальная минерализация воды в устьях межхозяйственных коллекторов также отмечена в апреле, в июне и сентябре наблюдается некоторое ее снижение. Исключение составляют коллекторы Абулкульский и им.К.Маркса, где в июне и сентябре минерализация значительно выше, чем в апреле. У большей части коллекторов минерализация воды в устье колеблется в пределах 2,85-5,I г/л и только в коллекторах им.Ахунбабаева и Абулкульский она достигает I5,0-I7,5 г/л.

Анионно-катионный состав воды в устьях межхозяйственных коллекторов идентичен составу самого Озерного коллектора.

Содержание биогенных веществ в Озерном коллекторе в период наблюдений находилось в следующих пределах: ионы аммония 0-0,95 мг/л, нитраты - 0,0-3I,0 мг/л, фосфаты - 0,05-0,69 мг/л. В начале вегетационного периода отмечено минимальное содержание биогенных веществ (ионы аммония составляют 0-0,22 мг/л, фосфаты - 0,05 - 0,068 мг/л, нитраты отсутствуют), в середине и особенно в конце вегетационного периода после использования на полях минеральных удобрений увеличился вынос биогенных веществ с орошаемой территории. Особенно это заметно на примере нитратов, содержание которых в сентябре составляло 6,2-3I,0 мг/л.

Наибольшее увеличение нитратов наблюдалось после выхода коллектора из озер Зейкуль и Улугшуркуль (рис.3).

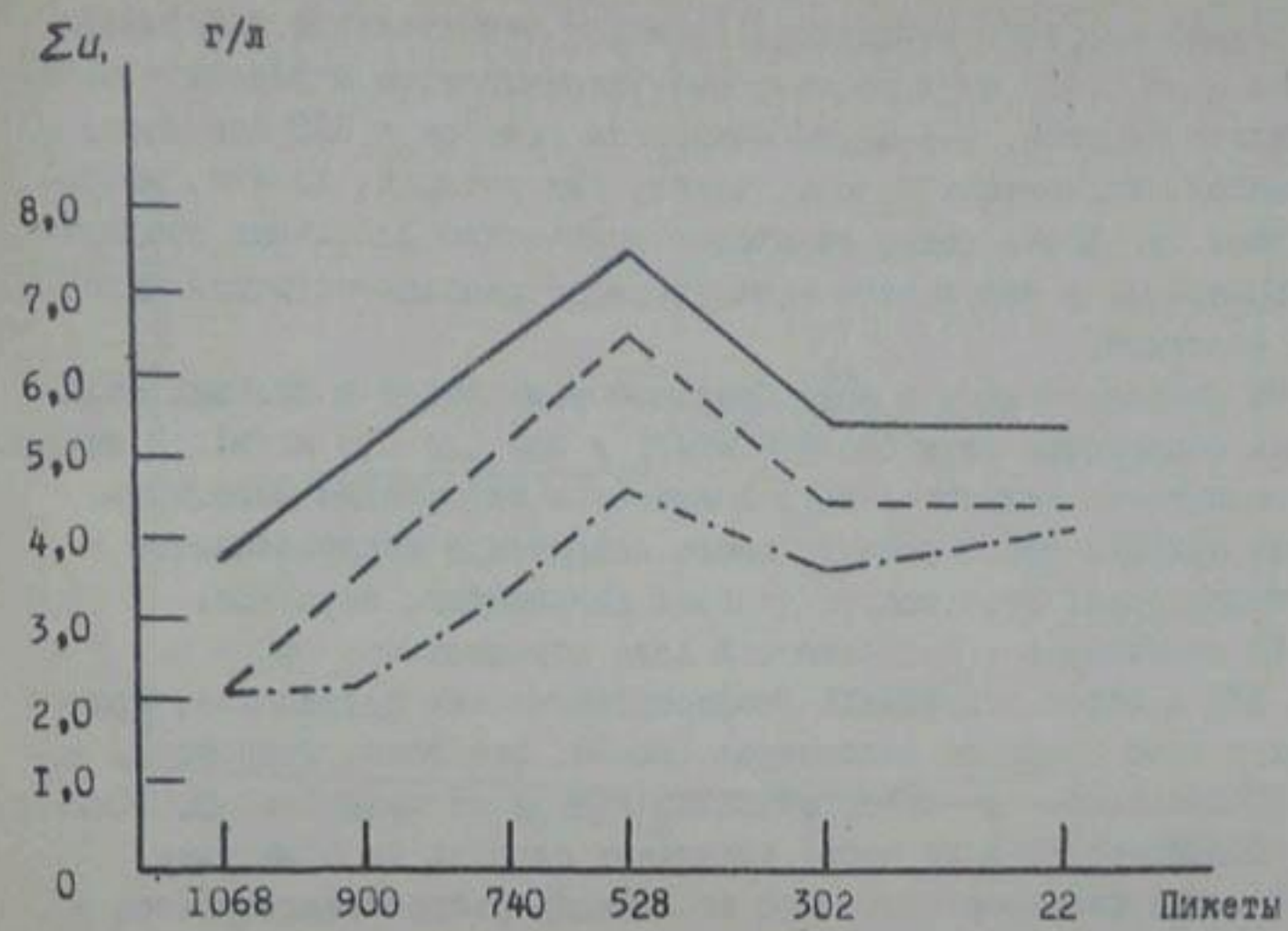


Рис.2. Минерализация воды Озерного коллектора (1987 г.):

—— апрель
— — июнь
—·— сентябрь

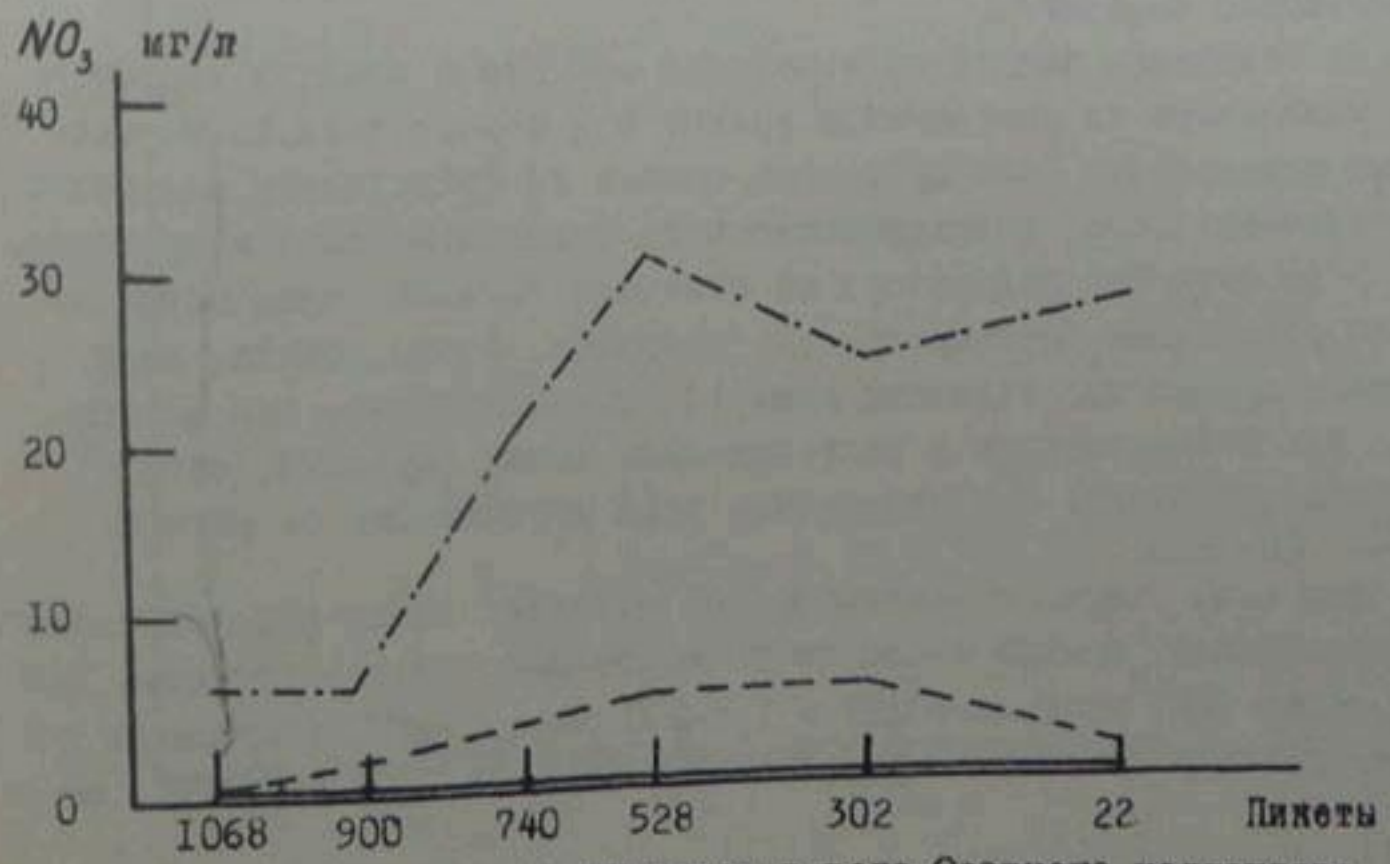


Рис.3. Содержание нитратов в воде Озерного коллектора

В воде Озерного коллектора отмечено значительное содержание фенолов - до 0,137 мг/л, причем, оно увеличивается к середине вегетационного периода, что можно объяснить выносом в КДВ некоторых пестицидов, содержащих фенолы, таких, как которан, изофен, нитрофен (табл.I). Кроме того, некоторое количество фенольных соединений образуется в результате естественного распада остатков животных и растений.

Из микроэлементов в воде Озерного коллектора в больших количествах содержатся цинк (до 8,0 мг/л) и бор (до 6,0 мг/л). В настоящее время из-за недостаточного количества информации невозможно выявить причины столь значительного содержания микроэлементов в воде коллектора. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Из пестицидов в коллекторной воде определялись α - и γ - ГХЦГ, ДДТ и общее содержание фосфорорганических пестицидов, применяемых в зоне Озерного коллектора (Би-58, фозолона, хлорофоса, антио). Содержание γ - ГХЦГ незначительно и не превышает 0,027мкг/л, ДДТ в коллекторной воде кроме единичных случаев не обнаружен. Концентрация фосфорорганических пестицидов резко увеличивается в вегетационный период, когда производится массовая обработка сельскохозяйственных угодий данными препаратами (рис.4,5).

Воды коллекторов, впадающих в Озерный, также содержат соединения азота, фосфора, загрязнены фенолами, цинком, бромом и другими веществами (табл.2). Особенно значительно содержание в них нитратов, например, в коллекторе им.К.Маркса в сентябре количество их достигало 45,0 мг/л.

На основании данных об изменении состава и свойств вод Озерного коллектора на современном уровне и в перспективе по качественным показателям была проведена оценка их пригодности для целей санитарно-бытового, рыбохозяйственного водопользования и орошения.

Вода Озерного коллектора не отвечает гигиеническим нормативам по содержанию нефтепродуктов, нитратов, фтора, цинка, меди, свинца и других загрязняющих веществ. Следовательно, она не пригодна для использования в рекреационных целях (купания, спорта и отдыха населения) без проведения ряда мероприятий по улучшению ее качества.

Качество воды Озерного коллектора не отвечает также рыбохозяйственным нормативам, прежде всего по показателям солевого состава. Так, содержание Ca^{2+} превышает ПДК в I,5-2,0 раза, Mg^{2+} и хлоридов в 7 раз. Превышено также содержание таких веществ, как нитраты , ам-

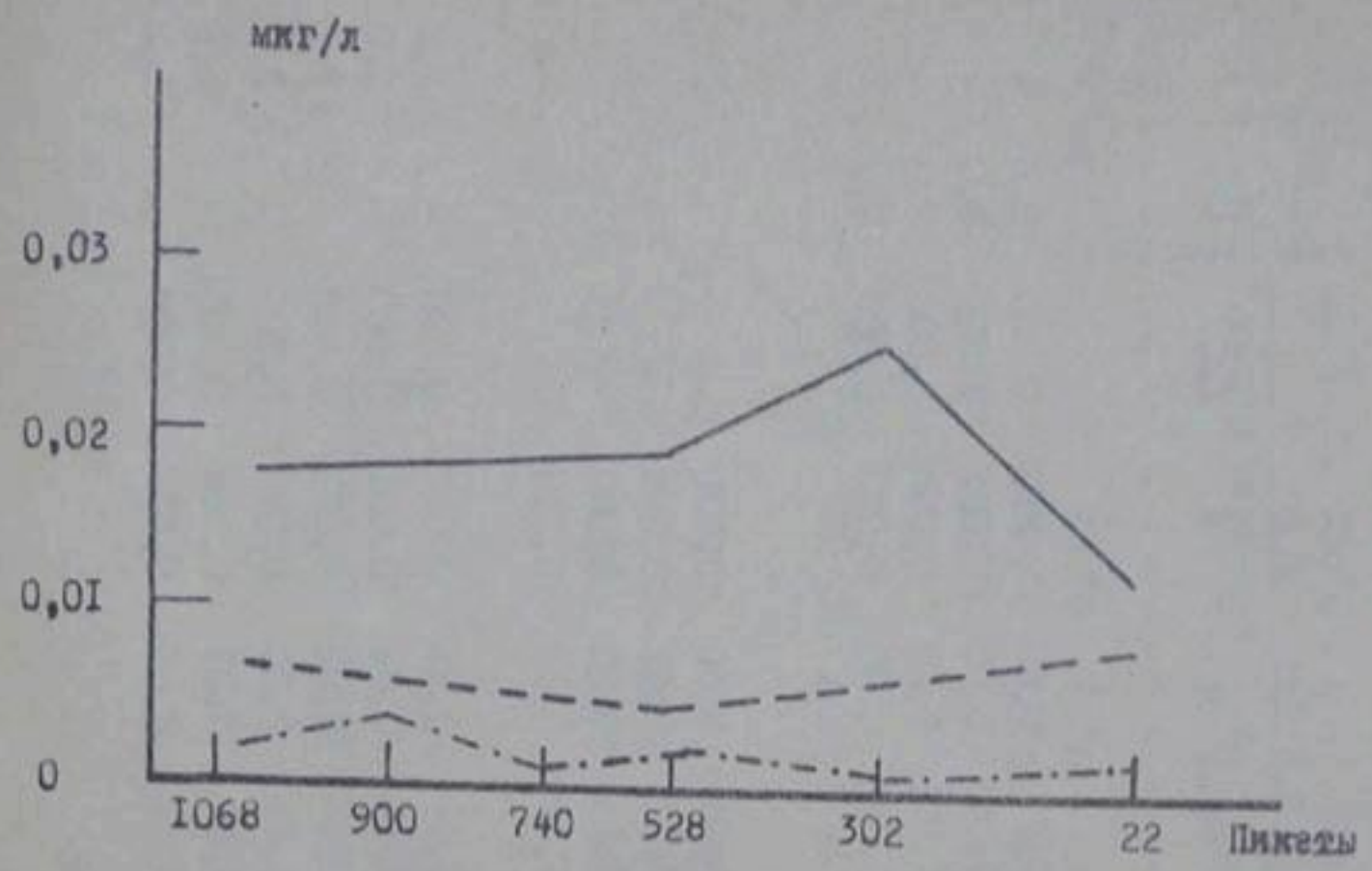


Рис.4. Содержание γ -ГХЦГ в воде Озерного коллектора:

—— апрель
— — июнь
—·— сентябрь

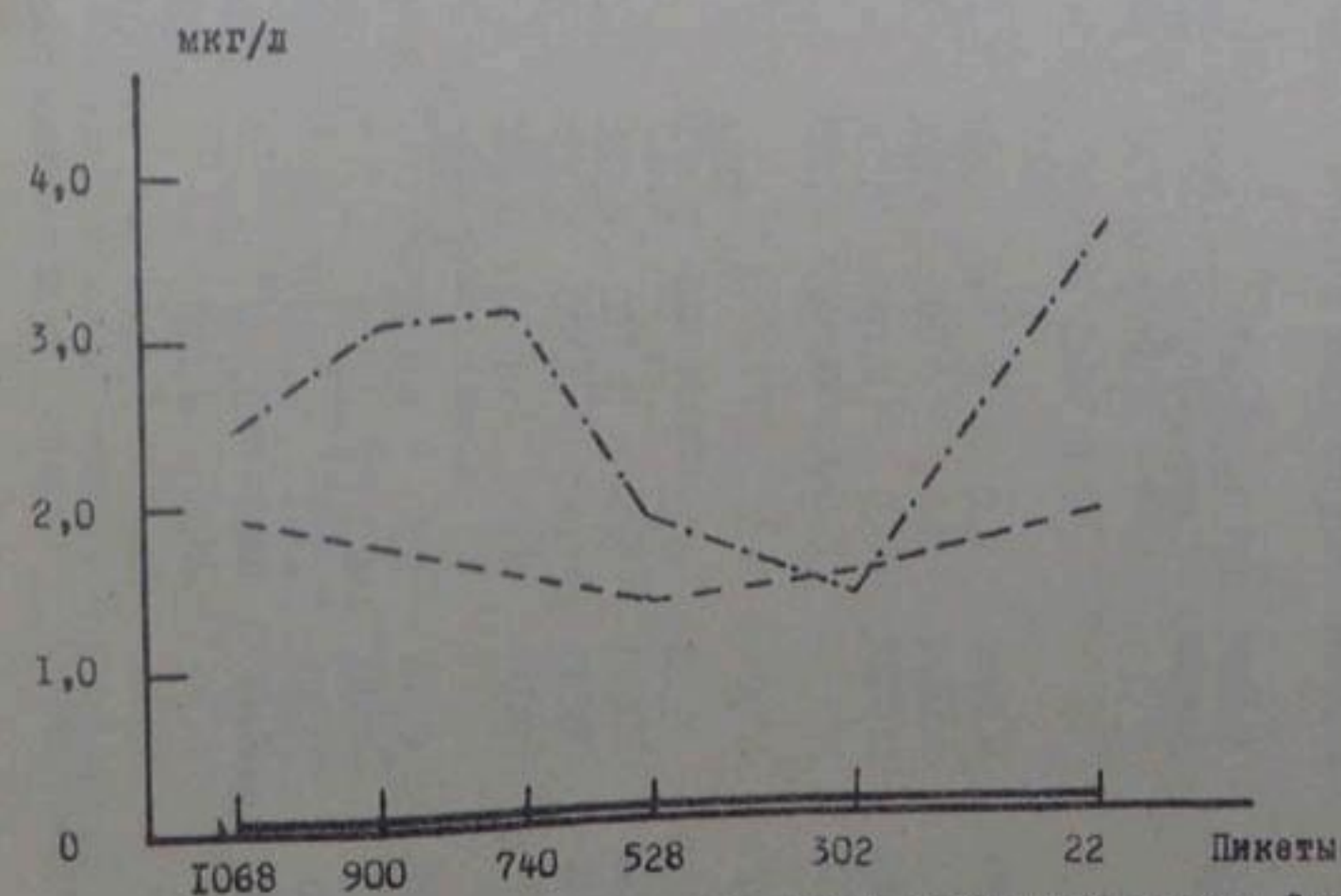


Рис.5. Содержание Р органических пестицидов в воде Озерного коллектора

Таблица I

Содержание загрязняющих веществ в воде Озерного коллектора (1987 г.), мг/л

Створы	Биогенные вещества			Фенолы	Нефтепродукты	Металлы					B	F
	аммиак	нитраты	фосфаты			Cu^{2+}	$Fe_{общ.}$	Zn^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}		
апрель												
ПК-1068	0,00	0,0	0,068	0,002	–	0,070	0,07	8,00	0,040	0,000	2,5	–
ПК-528	0,11	0,0	0,050	0,002	0,012	0,002	0,07	0,05	0,005	0,000	6,0	–
ПК-302	0,22	0,0	0,060	0,002	–	0,002	0,00	0,20	0,000	0,000	2,0	–
ПК-22	–	0,0	0,040	0,022	0,085	0,000	0,11	0,20	0,003	0,000	2,2	–
июнь												
ПК-1068	0,33	0,0	0,113	0,001	0,088	0,002	0,28	2,00	0,070	–	–	–
ПК-528	0,00	5,3	0,150	0,030	0,061	0,000	0,20	0,05	0,010	–	–	–
ПК-302	0,00	5,6	0,520	0,137	0,040	0,000	0,24	0,30	0,080	–	–	–
ПК-22	0,00	2,0	0,690	0,012	–	0,003	0,22	0,03	0,100	–	–	–
сентябрь												
ПК-1068	0,43	6,2	0,051	–	0,022	0,001	0,16	0,13	0,087	0,000	–	1,8
ПК-900	0,50	6,3	0,137	–	0,052	0,001	0,18	0,60	0,081	0,000	–	2,0
ПК-740	0,45	21,1	0,123	–	0,034	0,006	0,42	3,00	0,060	0,003	–	2,0
ПК-528	0,20	31,0	0,140	–	0,050	0,001	0,19	2,00	0,075	0,002	–	2,0
ПК-302	0,95	25,0	0,070	–	0,024	0,006	0,42	3,01	0,060	0,000	–	1,6
ПК-22	0,26	26,5	0,114	–	0,032	0,000	0,22	2,86	0,067	0,000	–	1,4

Примечание: "___" здесь и в дальнейшем отсутствие анализа.

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в системе Озерного коллектора (1967 г.), мг/л

Месяц	Биогенные вещества			Фенолы	Нефтепродукты	Металлы					B	F
	аммонийный азот	нитраты	фосфаты			Cu^{2+}	$Fe_{общ}$	Zn^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}		
Диванкульский к-р ПК-1068												
январь	0,00	0,0	0,076	0,012	–	0,002	0,09	0,02	0,030	0,000	2,5	–
июнь	0,25	0,0	0,246	0,010	0,018	0,000	0,14	0,10	0,500	–	–	–
сентябрь	0,45	6,2	0,062	–	–	0,001	0,28	1,50	0,160	–	–	2,0
Аккульский ПК-815												
сентябрь	0,36	26,0	0,100	–	0,037	0,005	0,32	0,60	0,120	0,003	–	2,0
Абулкульский ПК-786												
апрель	0,00	0,0	0,777	0,001	–	–	0,06	–	0,010	0,000	2,5	–
июнь	0,00	3,5	0,226	0,007	0,024	0,005	0,22	0,20	0,045	–	–	–
сентябрь	0,00	–	0,096	–	0,006	0,002	0,35	0,50	0,062	–	–	2,0
К-р им.К.Маркса ПК-487												
апрель	0,17	0,0	0,110	0,007	0,019	0,005	0,06	0,15	0,000	0,000	2,5	–
июнь	0,11	4,7	0,127	0,050	0,034	0,015	0,15	0,80	0,030	–	–	–
сентябрь	0,70	45,0	0,119	–	0,006	0,007	0,45	6,00	0,097	–	–	1,2

Продолжение табл.2

Месяц	Биогенные вещества			Фенолы	Нефтепродукты	Металлы						
	аммонийный азот	нитраты	фосфаты									
				Варгазанский к-р ПК-I60								
апрель	0,22	0,0	0,073	0,002	0,038	0,000	0,09	0,30	0,000	0,000	I,0	-
июнь	0,00	I,6	0,380	0,025	0,045	0,000	0,22	0,25	0,0I0	-	-	-
сентябрь	0,22	34,I	0,067	-	0,032	0,00I	0,I6	0,I0	0,067	-	-	0,8
				К-р им. Ахунбабаева ПК-22								
апрель	0,I7	0,0	0,077	0,0I7	0,047	0,005	0,II	2,00	0,000	0,007	2,5	
июнь	0,00	I,6	0,I20	0,020	-	0,005	0,32	0,60	0,0I5	-	-	-
сентябрь	0,95	25,0	0,073	-	0,024	0,000	0,2I	0,I9	0,060	-	-	I,2

монийный азот, фенолы, цинк, медь, свинец, кадмий, бор и др.

Определение содержания меди, железа, цинка и свинца в донных отложениях на различных участках КДС показало, что концентрация их в иле значительно выше, чем в самой воде (табл.3). Это объясняется абсорбционными и комплексообразующими свойствами ила и различных органических соединений / 3 /. Пока о влиянии загрязненных грунтов на водные организмы сведений мало, кроме того, ПДК загрязняющих веществ для грунтов отсутствует. В.В.Иванова / 4 / предлагает принять ПДК для грунтов равной 2 ПДК для воды. В нашем случае содержание меди в грунтах превышает содержание ее в воде примерно в 1000 раз, цинка - в 200 раз и т.д. Сходную картину следует ожидать и в местах планируемых рыбоводных хозяйств. Сверхвысокие концентрации металлов в донных отложениях представляют потенциальную опасность, являясь источником вторичного загрязнения воды, подавляют развитие бентоса.

Данный вопрос требует проведения дополнительных экспериментальных исследований с целью установления особенностей взаимореагирования:

вода + токсиканты $\rightleftharpoons$ ил + токсиканты $\rightleftharpoons$ гидробионты.

Исследования показали, что в сорбированном состоянии со взвешенными веществами постоянно переносится некоторое количество пестицидов γ- ГХЦГ (0,001-0,009 мкг пестицидов во взвешенных веществах в одном литре воды), которое можно с достаточной точностью определять по зависимости:

$$C = 0{,}0011 \, exp^{0.026 C_{в.в.}},$$

где C - концентрация γ- ГХЦГ во взвешенных веществах, мкг/л;
$C_{в.в.}$ - содержание взвешенных веществ в 1 л воды, мг/л.

Согласно полученным данным, исследованные водоемы для организации полносистемных рыбоводных хозяйств не подходят, так как в них отсутствуют необходимые гидрохимические условия для нормального созревания половых продуктов, а также для успешного развития рыб на ранних этапах / 5 /. Эти водоемы можно рекомендовать в качестве водоисточников лишь для организации неполносистемных озерных и прудовых рыбоводных хозяйств. При этом предпочтительнее однолетний оборот с использованием сеголеток, поскольку устойчивость взрослых рыб к загрязнению значительно выше, чем на ранних этапах развития /5/.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях КДС (1987 г.)

Место взятия проб	Содержание в различные месяцы, мг/л											
	медь			железо			свинец			цинк		
	апрель	июнь	сентябрь	апрель	июнь	сентябрь	апрель	июнь	сентябрь	апрель	июнь	сентябрь
Оз.Аккуль	0,60	1,80	–	13,00	6,62	–	0,00	2,75	–	7,50	4,50	–
ОУК "Варгазан"	0,44	0,60	2,00	4,50	4,50	21,50	2,00	0,50	1,00	7,50	3,00	100,00
ОУК им. Акунбабаева	0,60	2,00	2,10	10,00	10,00	28,00	2,50	0,50	9,50	7,50	5,00	200,00
ОУК	–	1,40	–	–	4,50	–	–	1,00	–	–	1,50	–
ОУК "Джирмизкуль"	0,60	2,20	2,00	14,50	8,75	21,50	3,50	0,00	3,60	13,50	10,0	20,00
ОУК им.К.Маркса	0,20	1,50	1,10	7,50	6,62	22,00	3,75	1,50	3,25	2,50	1,03	375,00
ОУК "Абулкуль"	0,20	2,00	–	8,25	10,60	–	2,50	0,00	–	2,00	7,50	–
ОУК "Диванкуль"	0,00	0,40	0,40	0,63	0,25	4,50	1,50	0,50	6,25	1,00	0,50	42,00

Двухлетний оборот с использованием в качестве посадочного материала личинок может обернуться большими отходами рыб как в период активного роста, так и в период зимовки, что скажется на рентабельности рыбхозов.

В организуемых рыбоводных хозяйствах целесообразно выращивание быстрорастущих и наиболее устойчивых к загрязняющим веществам видов культурного рыбоводства. Таким требованиям удовлетворяют карп (чешуйчатый) и белый толстолобик.

Потенциальную опасность представляют высокие уровни накопления хлорорганических пестицидов в донных отложениях (табл.4), особенно в теле рыб. В условиях повышенной комплексной загрязненности многие виды рыб резко снижают темпы роста, ухудшаются их упитанность и жирность /6,7/. Поэтому необходимо принятие мер, приводящих к снижению уровня загрязненности, и в первую очередь - строительство биоочистных сооружений в каждом рыбхозе. Это наиболее дешевый и эффективный путь очистки воды от ядохимикатов, нефтепродуктов, фенолов и других загрязнителей.

Оценка пригодности вод для орошения сельскохозяйственных культур проводится различными методами. Наиболее достоверные результаты дает метод, разработанный в САНИИРИ / 8 /, в основу которого взято содержание суммы растворенных солей и количества ионов Cl^-, соотношение Cl^-/SO_4^{2-}.

Таблица 4

Содержание пестицидов в донных отложениях КДС (1987 г.)

Место взятия проб	Месяц	Содержание, мг/кг			
		α-ГХЦГ	γ-ГХЦГ	ДДЕ	ДДТ
Оз.Аккуль	апрель	0,0040	0,0030	отсут.	0,0143
ОУК "Варгазан"	апрель	отсут.	отсут.	-"-	отсут.
	сентябрь	-"-	-"-	0,0150	-"-
ОУК им.Ахунбабаева	апрель	-"-	-"-	отсут.	-"-
	сентябрь	-"-	1,0280	0,0630	0,0940
ОУК "Абулкуль"	апрель	0,0001	0,0001	отсут.	0,0135
ОУК "Джирмизкуль"	сентябрь	отсут.	отсут.	0,0150	0,0190
ОУК им.К.Маркса	сентябрь	-"-	-"-	0,0320	0,0250
ОУК "Диванкуль"	сентябрь	-"-	0,0120	отсут.	отсут.

Наблюдения за градацией качества воды Озерного коллектора по максимальным пределам изменения минерализации за вегетационный период показали, что вода коллектора при минерализации от I,0 до 3,5 г/л относится к Ш категории (неудовлетворительной), при более высокой - к IУ (плохой).

Для Хорезмской области удовлетворительным качеством обладают воды, имеющие минерализацию не более I,0 г/л. Однако анализ экспериментальных данных по орошению риса дренажным стоком показал, что для получения проектных урожаев 40-45 ц/га можно использовать воду в этих условиях с минерализацией 2,0-3,0 г/л. При этом качество оросительных вод не оказывает отрицательного влияния на направленность почвенных процессов. Следует отметить, что практически все исследования проводились на фоне легких почвогрунтов и хорошей дренированности, что лишний раз свидетельствует о необходимости строго соблюдать условия использования вод с повышенной минерализацией.

В настоящее время в связи с возрастающим дефицитом водных ресурсов и ухудшением их качества / 9 / становится актуальным вопрос о широком использовании вод с повышенной минерализацией для выращивания растительности, имеющей природоохранное назначение, а также кормовых культур, способствующих борьбе с различными видами эрозии почв. К таким культурам относятся ячмень, люцерна, сорго, солекорня, суданская трава и др.

Определение химического анализа вод Озерного коллектора позволило установить наличие в ней таких веществ, как бор, цинк и некоторые другие, в пределах, в которых они не наблюдаются в других районах Узбекской ССР. Поэтому оценку пригодности воды коллектора на орошение необходимо проводить с обязательным учетом содержания этих загрязняющих веществ.

Список использованной литературы

I. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. - Л.: Гидрометеоиздат, I977. - 540 с.
2. Резников А.А. и др. Методы анализа природных вод. - М.: Недра, I970. - 488 с.
3. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. - М.: Наука, I986. - 368 с.

4. Иванов В.В. Бентосные организмы как объект для биотестирования различных типов загрязнений воды и грунта: Дис.биол.наук. - Л., 1986. - 22 с.
5. Каримов Б.К., Аршаница Н.М. Загрязнение водоемов и его влияние на воспроизводство рыб // Материалы к VI Всес.лимнол.совещанию. Вып.4. - Иркутск, 1985. - с.52-53.
6. Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология.- М.: Колос, 1971. - 247 с.
7. Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. - М., 1975. - 367 с.
8. Якубов Х.И., Усманов А.У. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель. - Ташкент, 1982. - 77 с.
9. Разаков Р.М. Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды в Средней Азии. - Ташкент: УзНИИНТИ,-1987. - 42 с.

Б.К.Каримов, канд.биол.наук; Р.М.Разаков, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЕМОВ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р.СЫРДАРЬИ

Необходимость систематических исследований качества коллекторно-дренажных вод (КДВ) бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи, которые начали проводить в отделе охраны водных ресурсов, начиная с 1987 г., была вызвана крайне слабой изученностью степени и характера загрязненности КДВ. Авторы ограничивались в основном изучением минерализации и главных ионов [1].

Между тем использование химических средств защиты растений и минеральных удобрений, несомненно, обусловливает высокую степень загрязненности КДВ этими загрязнителями. В бассейне р.Сырдарьи в целом сток коллекторных вод составляет около 12 км^3 в год, что соответствует 25,8 % водозабора брутто; при этом суммарный среднегодовой сток КДВ в среднем течении бассейна реки составляет 104 м^3/с [2].

К наиболее крупным коллекторам исследуемого района относятся Центральный голодностепский, Клы, Акбулак, Сардобинский, впадающие в Арнасайское понижение, а также Шурузак и Пойменный (при-

емник – Сырдарья), которые явились объектами наших исследований.

Исследования проводились в 1987-1988 гг. Пробы отбирали в разные периоды года с учетом особенностей формирования стока КДВ согласно существующей методике [3,4]. Содержание пестицидов в теле рыб и растениях определяли по методике, приведенной в [5]; биогенных веществ, летучих фенолов, нефтепродуктов, растворенных форм металлов, пестицидов, главных ионов и других загрязнителей – по методике, принятой в [3]. При установлении содержания пестицидов во взвешенных веществах воду фильтровали через бумажный фильтр "синяя лента".

По данным измерений, активная реакция воды исследованных коллекторов слабощелочная (pH – 7,9–8,7); температура воды летом достигает 22-26°С. Часть полученных результатов приведена в табл.1,2 и 3. Как видно, общая минерализация КДВ новоорошаемой зоны приблизительно в 2 раза выше, чем староорошаемой.

Из биогенных веществ аммонийный азот в большей части года отсутствует, появляясь лишь с мая по август. Содержание нитратного азота в КДВ староорошаемой зоны колеблется от нуля до 8,10 мг/л, новоорошаемой – от 5,3 до 49,6. Четко выраженных сезонных изменений выноса нитратов не наблюдается. По содержанию фосфатов, кремния и железа заметных различий между КДВ староорошаемой и новоорошаемой зоны не наблюдается. В течение всего года они содержатся в воде коллекторов в одинаковых количествах.

Закономерного изменения концентрации по длине исследуемых коллекторов не отмечается, что объясняется, по-видимому, постоянным притоком биогенов из межхозяйственных коллекторов.

Содержание фенолов в коллекторах староорошаемой зоны находится в пределах ПДК; в новоорошаемой зоне наблюдается превышение ПДК на порядок и более. Так, в верховье ЦГК в августе отмечалось превышение ПДК до 125 раз.

В КДВ новоорошаемой зоны отмечено также превышение содержания нефтепродуктов до 6 ПДК, что свидетельствует о наличии серьезных источников этого вида загрязнения. Из тяжелых металлов медь, кадмий и свинец содержатся в пределах ПДК, тогда как наличие цинка, молибдена превышает ПДК до 600 раз. Кроме того, в воде коллекторов обнаружены ртуть в концентрации 0–0,005 мг/л, марганец 0,15–0,28 мг/л и нитраты 0,07–0,60 мг/л, наличие которых обусловливает высокую токсичность воды в коллекторах. Содержание бора и фтора в КДВ также превышает допустимые нормы в десятки раз.

Таблица I

Содержание в КДВ загрязнителей, не имеющих специфических токсических свойств (данные 1987-1988 гг.)

Место взятия пробы	Дата	Плотный остаток, г/л	Общая жесткость, мг.экв/л	Биогенные вещества, мг/л: аммонийный азот	нитраты	фосфаты	кремний	железо общее
Шурузак, низовье	П-87	3,41	28,1	0,00	3,50	0,250	-	0,00
	Ш-87	3,61	27,3	0,00	1,70	0,191	-	0,14
	IУ-87	3,35	25,0	0,00	0,00	0,264	-	0,06
	II-88	3,52	29,3	0,00	8,10	0,000	25,0	0,11
ЦГК, верховье	УШ-87	4,40	31,3	0,11	27,90	0,180	-	0,15
	П-88	8,24	56,5	-	43,40	-	18,0	0,14
ЦГК, среднее течение	У-87	5,94	36,3	5,30	-	0,050	-	0,41
	УШ-87	4,63	31,0	0,20	14,00	0,068	-	0,14
	П-88	9,08	59,0	-	49,60	-	20,0	0,11
	IУ-88	7,78	47,4	0,00	22,00	-	11,5	0,22
	УШ-88	4,51	28,8	0,80	19,80	0,090	9,1	1,25
ЦГК, устье	УШ-87	5,16	32,8	0,20	10,80	0,064	-	0,20
Акбулак, истоки	УШ-87	1,51	13,0	0,10	6,04	0,145	-	0,06
Акбулак, среднее течение	УШ-87	6,06	45,2	0,00	23,20	0,144	-	0,22
	IУ-88	4,56	32,8	0,00	19,80	-	10,3	0,05
	УШ-88	5,07	36,0	0,90	34,70	0,055	10,8	0,60

Продолжение табл. I

Место взятия пробы	Дата	Плотный остаток, г/л	Общая жесткость, мг.экв/л	Биогенные вещества, мг/л: Аммонийный азот	Нитраты	Фосфаты	Кремний	Железо общее
Акбулак, низовье	У-87	5,36	37,2	7,40	-	0,0I4	-	0,I2
	УШ-87	6,85	46,9	0,00	23,20	0,I36	-	0,20
	УП-88	7,35	44,8	0,65	7,70	0,055	I0,5	0,I4
Акбулак, устье	УШ-87	6,96	48,2	0,00	23,20	0,070	-	0,I5
	IУ-88	4,9I	34,7	0,00	I9,80	-	I0,5	0,05
	УШ-88	4,75	33,00	0,90	39,I0	0,058	4,0	0,80
Пойменный, низовье	П-87	2,59	20,3	0,00	I,70	0,365	-	-
	Ш-87	2,63	20,6	0,00	I,00	0,246	-	0,44
	IУ-87	2,78	2I,2	0,00	0,00	0,I95	-	0,07
Сардобинский, низовье	У-87	3,I5	23,4	-	5,30	0,I45	-	0,44
Клы, верховье	IУ-88	3,30	26,6	0,00	I5,50	-	24,5	-

Примечание. Знак "минус" означает отсутствие анализа.

Таблица 2

Содержание в КДВ загрязнителей со специфическими токсическими свойствами, мг/л
(данные 1987-1988 гг.)

Место взятия пробы	Дата	Фенолы	Нефтепродукты	Медь	Цинк	Свинец	Молибден	Кадмий	Бор	Фтор
Шурузак, низовье	П-87	0,000	-	0,007	0,040	0,000	-	0,000	0,30	-
	Ш-87	0,000	-	0,003	0,300	0,005	-	0,005	0,25	-
	IУ-87	0,001	-	0,003	1,000	0,040	-	0,000	0,00	-
	П-88	-	-	0,001	0,010	0,060	0,015	-	0,30	1,44
ЦГК, верховье	УШ-87	0,125	0,017	0,001	0,125	0,037	-	-	-	-
	П-88	0,001	-	0,005	0,010	0,065	0,020	-	0,00	2,76
ЦГК, среднее течение	У-87	0,020	-	0,010	0,020	0,000	-	-	0,00	-
	УШ-87	-	0,079	0,001	5,000	0,041	-	0,000	-	1,20
	П-88	0,001	-	0,003	0,005	0,067	0,015	-	0,20	1,50
	IУ-88	0,002	0,301	0,001	0,010	0,054	0,030	-	0,50	0,70
	УШ-88	0,005	0,079	0,015	0,022	0,057	0,030	0,002	0,50	0,25
ЦГК, устье	УШ-87	0,025	0,026	0,003	0,100	0,020	-	-	-	1,40
Акбулак, истоки	УШ-87	0,032	0,021	0,001	0,068	0,035	-	-	-	0,60
	УШ-87	0,002	0,024	0,005	0,040	0,023	-	-	-	1,60
Акбулак, среднее течение	IУ-88	-	0,119	0,001	0,010	0,044	0,025	-	0,70	0,79
	УШ-88	0,010	0,136	0,015	0,023	0,065	0,030	0,004	1,00	0,34

Продолжение табл.2

Место взятия пробы	Дата	Фенолы	Нефтепродукты	Медь	Цинк	Свинец	Молибден	Кадмий	Бор	Фтор
Акбулак, низовье	У-87	0,007	–	0,000	0,010	0,060	–	–	3,00	–
	УШ-87	0,007	0,025	0,005	0,040	0,025	–	0,000	–	2,40
	УП-88	0,025	0,085	0,005	0,028	0,087	0,020	0,007	2,00	0,70
Акбулак, устье	УШ-87	0,000	0,010	0,002	0,005	0,021	–	–	–	1,80
	IУ-88	0,000	0,094	0,002	0,010	0,052	0,015	–	0,70	0,83
	УШ-88	0,010	0,092	0,015	0,023	0,065	0,030	0,004	1,00	0,34
Пойменный, низовье	П-87	0,001	–	0,008	0,030	0,000	–	0,005	0,30	–
	Ш-87	0,000	–	0,002	0,150	0,004	–	0,000	0,30	–
	IУ-87	0,001	–	0,000	6,000	0,000	–	0,000	0,00	–
Сардобинский, низовье	У-87	0,025	–	0,000	0,000	0,010	–	0,000	0,50	–
Клы, верховье	IУ-88	0,006	0,077	0,001	0,010	0,045	0,015	–	0,50	0,76

Таблица 3

Содержание пестицидов в КДВ, мкг/л

Место взятия пробы	Дата	α-ГХЦГ	γ-ГХЦГ	ДДЕ	ДДТ	Рогор	Карбофос	Метафос
Шурузак, низовье	II-87	0,019	следы	отс	отс	–	–	–
	III-87	0,017	0,070	отс	отс	–	–	–
	IУ-87	0,128	1,246	н/о	н/о	–	–	–
	II-88	0,316	0,390	1,564	н/о	н/о[x)]	н/о	н/о
ЩГК, верховье	УШ-87	0,002	0,002	н/о	н/о	–	–	–
	II-88	0,134	0,130	н/о	н/о	следы	4,57	н/о
ЩГК, среднее течение	У-87	0,109	0,040	н/о	н/о	–	–	–
	УШ-87	0,104	0,008	0,002	н/о	–	–	–
	II-88	0,126	0,130	0,335	н/о	н/о	н/о	н/о
	IУ-88	0,108	0,089	н/о	н/о	следы	следы	н/о
	УШ-88	0,091	0,088	н/о	следы	–	–	–
ЩГК, устье	УШ-87	0,001	0,022	0,001	0,002	–	–	–
Акбулак, истоки	УШ-87	н/о	0,007	н/о	н/о	–	–	–
Акбулак, среднее теч.	УШ-87	н/о	0,013	н/о	н/о	–	–	–
	IУ-88	0,073	0,065	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
	УШ-88	0,095	0,095	0,016	0,059	–	–	–
Акбулак, низовье	У-87	0,008	н/о	0,010	н/о	–	–	–
	УШ-87	0,001	0,007	н/о	н/о	–	–	–
Акбулак, устье	УШ-87	н/о	0,007	н/о	н/о	–	–	–

Продолжение табл. 3

Место взятия пробы	Дата	α-ГХЦГ	γ-ГХЦГ	ДДЕ	ДДТ	Рогор	Карбофос	Метафос
Акбулак, устье	IУ-88	0,230	0,225	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
	УШ-88	0,055	0,046	следы	0,156	-	-	-
Пойменный, низовье	П-87	отс	отс	отс	отс	-	-	-
	Ш-87	0,017	0,066	отс	отс	-	-	-
	IУ-87	-	-	-	-	-	-	-
Сардобинский, низовье	У-87	0,037	0,006	н/о	н/о	-	-	-
Клы, верховье	IУ-88	0,111	0,112	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

x) н/о - не обнаружено

Одним из источников загрязнений являются применяемые минеральные удобрения. Имеются сведения о том, что с одного килограмма фосфорных удобрений в почву поступают 150 г фтора, 50-170 мг кадмия, 4-79 мг меди, 7-92 мг свинца, 50-1430 мг цинка / 6,7 /. Определена также степень кумуляции тяжелых металлов, фтора и нитратов в донных отложениях исследуемых коллекторов. Усредненные концентрации этих ингредиентов для различных коллекторов колебались в следующих пределах: медь - 0,38-2,00; цинк - 2,00-12,50; свинец - 2,25-4,80; фтор - 4,75-12,0; нитраты - 13,0-483,0 мг/кг. Эти величины в сотни раз превышают таковые в воде этих коллекторов. Показатели загрязненности донных отложений являются более надежными, чем эти же показатели для воды, так как отражают интегральную картину загрязнения / 8 /, учитывающую "взлеты" и "падения" концентрации загрязнителей во времени.

В хлопководческой зоне почти повсеместно воды КДС загрязняются остатками пестицидов, что представляет большую опасность в первую очередь для гидробионтов, так как пестициды накапливаются в их организмах, вызывая отравление.

В мае 1986 г. нами отмечена массовая гибель рыб в Тогузторе на месте впадения коллектора КС-1, что совпало с распылением ГХЦГ против гнуса. Сходные случаи отмечены в оз.Тудакуль, Тузкан, Озерном коллекторе и других водоемах.

Как видно из табл. 3, при ПДК 0,01 мгк/л содержание хлорорганических пестицидов (ХОП) достигает в отдельных случаях 1 мкг/л и более. А из фосфорорганических пестицидов (ФОП) лишь один раз в ЦГК был обнаружен карбофос, однако высокой концентрации - 4,6 мкг/л при норме "отсутствия". По содержанию пестицидов между старой и новой зоной орошения различий не отмечается. Кроме ХОП и ФОП, в воде коллекторов обнаружен хлорат магния в концентрациях 0,68-0,36 мг/л.

Анализ содержания ХОП во взвешенных веществах показал, что в них абсорбируется в основном γ-ГХЦГ (линдан) до 58 мкг/кг; α - ГХЦГ, ДДЕ и ДДТ абсорбируются до концентрации 3-9 мкг/кг.

В растениях (рогоз, камыш, тростник) накапливаются все изученные ХОП, причем несколько больше, чем во взвешенных веществах. Так, содержание α-ГХЦГ в растениях достигало 0,014-0,228; γ-ГХЦГ - 0,009-0,044; ДДЕ - 0-0,028; ДДТ - 0-0,049 мг/кг соответственно. Самый высокий уровень накопления наблюдается у рыб - до 0,5 мг/кг. Наибольший уровень содержания ХОП у рыб наблю-

дается в жировой ткани. Распространившаяся в последнее время болезнь судаков на оз.Тузкан объясняется, по-видимому, высоким уровнем кумуляции пестицидов в их теле. Есть сведения о том, что высокое накопление пестицидов у судака привело к образованию язв на теле в период полового созревания / 9 /, что подтверждает наше предположение.

Таким образом, проведенные нами исследования показали высокий уровень загрязненности не только вод КДС, но и других элементов водной экосистемы - взвешенных веществ, донных отложений, растений и рыб. Для выявления возможных экологических последствий отмеченной комплексной загрязненности КДВ требуется проведение тщательных эколого-токсикологических исследований с привлечением ученых-экологов, водных токсикологов, гигиенистов и мелиораторов.

Список использованной литературы

1. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий. - Ташкент: Фан, 1988. - 104 с.
2. Рубинова Ф.Э. Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим рек бассейна Аральского моря. - М.: Гидрометеоиздат, 1987. - 160 с.
3. Резников А.А. и др. Методы анализа природных вод.-М.: Недра, 1970. - 488 с.
4. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 540 с.
5. Клисенко М.А. и др. Методы определения микроколичества пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. - М.: Колос, 1983. - 304 с.
6. Минеев В.Г. Воспроизводство почвенного плодородия агрохимическими средствами и охрана почв от техногенного загрязнения. - Вестник сельскохозяйственной науки, 1988. - № 6 (382). - С.95-101.
7. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 640 с.
8. Денисова А.И. и др. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. - Киев.: Наукова Думка, 1987. - 160 с.
9. Мороз И.Е. Причины возникновения язвенного заболевания у судака. Сб.научн.тр./ ГосНИОРХ, 1986. - С.28-33.

С.А.Каюмов, канд.техн.наук; Р.А.Абдуллаев
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)
К.Б.Бабаджанов (УЭ ТМГУ)

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДНО-СОЛЕВОГО, НАНОСНОГО И УРОВЕННОГО РЕЖИМОВ Р.АМУДАРЬИ И ВОДОХРАНИЛИЩ ТУЯМУЮНСКОГО ГИДРОУЗЛА

В состав Туямуюнского гидроузла входят четыре водохранилища с суммарным объемом 7,8 км^3: Русловое - 2,34, Капарас - 0,96, Султансанджар - 2,69, Кошбулак - I,8I км^3. Полезный объем по проекту равен 5,27,"мертвый"- 2,53 км^3. Русловое водохранилище сообщается с Капарасом прорезью, а Султансанджар с Кошбулаком - соединительным каналом. По проекту нормально подпертый уровень во всех водохранилищах равен I30, уровень "мертвого" объема в Султансанджаре - II6,в трех других емкостях - I20 м.

Водохранилища запроектированы и построены так, что могут заполняться только попарно: вначале Русловое с Капарасом, а затем Султансанджар с Кошбулаком. Сработка накопленных запасов воды может производиться одновременно и автономно: в первом случае - через плотину гидроузла, во-втором - Русловое и Капарас через плотину гидроузла, Султансанджар и Кошбулак через специальный канал с осветленной водой.

Наливные водохранилища имеют две особенности: I -"мертвый" объем составляет около 40 % от полного; 2 - до заполнения в чашах водохранилищ были сосредоточены значительные залежи корнеовой соли и соли в почвогрунтах. По проектным оценкам, общее количество соли составляло около 47 млн.т, в т.ч. в Султансанджаре ~ 44, в Капарасе ~ 2, в Кошбулаке ~ I млн.т.

Натурные исследования на Туямуюнском гидроузле ведутся с I983 г. Вначале они выполнялись САО "Гидропроект", с июня I986 г. - САНИИРИ. Изучаются водно-солевой режим реки и водохранилищ, динамика заиления русловой емкости и общий размыв русла реки ниже гидроузла. Основные результаты исследований излагаются ниже.

Режим эксплуатации водохранилищ

Перекрытие реки в створе гидроузла было выполнено в октябре - ноябре I979 г. Около двух лет расходы реки не регулировались. В июне I98I г. началось заполнение Руслового и Капарасского, в октябре I983 г. - Султансанджарского, в июне I985 г. -

Кошбулакского водохранилища.

По мере завершения строительства дамб, ограждающих водохранилища, объемы регулирования с каждым годом возрастали. Наибольшие объемы наполнения водохранилищ, включая "мертвый" объем, составили: 1981 г. - 1,5; 1982 г. - 2,0; 1983 г. - 3,7; 1984 г. - 4,9; 1985 г. - 5,8; 1986 г. - 4,0; 1987 г. - 6,7; 1988 г. - 6,7 км^3.

Режим работы водохранилищ в основном зависел от водности года. С 1979 по 1988 год сток реки на подходе к гидроузлу (створ Дарганата) изменялся от 18,4 км^3 в 1986 г. до 44,0 в 1988 г., т.е. наблюдался как самый маловодный, так и многоводный год. Во все эти годы сработка водохранилищ начиналась в феврале. В маловодные годы накопленные запасы полностью срабатывались в период промывки, а в вегетацию допускалась сработка части "мертвого" объема водохранилищ. Их заполнение производилось в сентябре - январе. В многоводные годы, как правило, происходила лишь частичная сработка водохранилищ в промывной период. В период же вегетации производилась только срезка максимальных расходов реки.

Оперативное регулирование стока в основном осуществлялось Русловым и Капарасским водохранилищами. С 1983 г. обе эти емкости почти ежегодно полностью срабатывались и вновь заполнялись до НПУ. Наполнение Султансанджара и Кошбулака производилось в избыточные по водности годы. При этом только в начале 1988 г. удалось наполнить их до отметок, близких к НПУ. Однако затем пришлось произвести сработку данных емкостей, поскольку обнаружилась значительная фильтрация на нескольких участках дамбы, ограждающей Султансанджарское водохранилище. В настоящее время на дамбе проводятся специальные противофильтрационные мероприятия.

Минерализация речной воды в водохранилищах

На подходе к гидроузлу минерализация речной воды изменялась в значительных пределах. Диапазон колебаний среднемесячных значений в 1979 - 1988 гг. был следующим: в вегетацию (май - сентябрь) - 0,6 - 1,3 при средней $\sim$ 0,85 г/л, в межень (октябрь - январь) 0,8 - 1,4 при средней $\sim$ 1,15 г/л, в период промывки земель (февраль - апрель) - 0,90 - 1,50 при средней $\sim$ 1,35 г/л. Весной в отдельные сутки минерализация воды практически во все

годы эксплуатации гидроузла, за исключением многоводных лет, достигала 3,0 г/л. В целом минерализация речной воды с увеличением расходов в реке уменьшалась, а при снижении расходов - увеличивалась.

В водохранилищах минерализация воды зависит от времени и объема наполнения регулирующих емкостей.

В Капарасе в начальный период эксплуатации средняя минерализация достигала I,4 - I,5 г/л, увеличиваясь на 5-I0 % в направлении от поверхности ко дну. На некоторых единичных вертикалях, расположенных непосредственно над залежами корневой соли, фиксировалась минерализация I7 - 43 г/л. В последующие годы минерализация неуклонно снижалась, несколько увеличиваясь при сработке и уменьшаясь при наполнении. К настоящему времени Капарас практически полностью промыт от соли и минерализация в этой емкости зависит только от качества речной воды, используемой при его наполнении. В летний период она снижается до 0,7 - 0,9 г/л.

В Султансанджаре, введенном в эксплуатацию позже Капараса на 3 года, динамика минерализации воды по характеру протекания такая же. Разница заключается лишь в больших абсолютных значениях, что объясняется наличием в чаше значительных залежей соли и меньшим водообменом с русловой емкостью. В настоящее время минерализация воды в этом водохранилище составляет I,I5 - I,6 г/л. Это свидетельствует о том, что процесс растворения соли в данной емкости продолжается.

В Кошбулаке наблюдается самая высокая минерализация воды: 2,I - 2,4 г/л. По глубине и по акватории водохранилища она изменяется незначительно. Столь высокая минерализация воды объясняется тем, что при наполнении в Кошбулак поступает вода повышенной минерализации из Султансанджарского водохранилища. Водообмен между Кошбулаком и Русловой емкостью отсутствует.

Для оценки интенсивности растворения соли в чашах Султансанджара и Кошбулака на основе данных натурных наблюдений выполнены приближенные водо- и солебалансовый расчеты. Установлено, что за год в раствор переходит порядка 700 - 800 тыс.т соли, т.е. около 60 тыс.т в месяц. При таких темпах повышенная минерализация в рассматриваемых емкостях без проведения специальных мероприятий будет сохраняться еще длительное время.

3. Русловые процессы

Весь сток реки проходит через Русловое водохранилище. Из-за подпора уровней воды в этой емкости происходит интенсивное заиление. По данным натурных измерений, при отметках I20-I30 м в верхнем бьефе осаждается 80-95 % наносов, поступающих в пределы этого водохранилища с вышерасположенного участка реки.

С начала эксплуатации гидроузла объем заиления составил 600 млн.м^3, т.е. около четверти полного проектного объема. Осаждение наносов происходит по всей длине Руслового водохранилища, увеличиваясь в зоне выклинивания кривой подпора. Основной объем отложений (около 75 %) сосредоточен в полезной емкости водохранилища, т.е. между отметками I20 - I30 м. В"мертвом"объеме отложилось I50 млн.м^3 наносов, что составило около 60 % от первоначального объема. В целом интенсивность заиления Руслового водохранилища оказалась выше принятой в проекте. Вследствие осаждения наносов в верхнем бьефе ниже плотины начался процесс общего размыва.

Снижение уровней произошло на длине 25 - 30 км, причем максимальное снижение уровней наблюдалось в межень, минимальное - в паводок. В створе у плотины в межень уровень снизился до I,7, в створе водозабора Ташсака - до 0,7 м; в паводок у плотины - до 0,8, у водозабора Ташсака - до 0,2 м.

Снижение уровня отразилось на пропускной способности двух бесплотинных водозаборов: в Туямуюнский подпитывающий канал и в Ташсакинский. Первый водозабор в межень практически полностью выключился из работы, а в паводок его пропускная способность уменьшилась до 80 м^3/с. Ташсака в межень забирает воду только через новое сооружение, уменьшив свою пропускную способность до I20 вместо 240 м^3/с. В паводок этот водозабор функционирует нормально.

В соответствии с результатами натурных наблюдений в САНИИРИ разрабатываются мероприятия по повышению эффективности регулирования стока Туямуюнским гидроузлом./I/.

Список использованной литературы

I. Полинов С.А., Пинхасов М.А., Калфас Т. Как определить допустимые затраты на водное хозяйство (на примере орошаемого зем-

леделия в бассейне Аральского моря). - Экономика и жизнь. - 1984. - № 12.

2. Меришенский М.С., Полинов С.А., Якубов Х.И. Экономико-математические основы модели оптимизации водотребований орошаемых территорий регулированием мелиоративного режима на примере низовьев Амударьи) //Сб.науч.тр./Среднеаз.НИИ ирригации - 1982. - Вып.166. - С.50-63.
3. Мухамедов А.М., Каюмов О.А., Сорокин А.Г. О некоторых мероприятиях по предотвращению ухудшения водохозяйственной обстановки в низовьях Амударьи // Сб.науч.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1985. - Вып.174. - С.21-25.

А.Ш.Халматов

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

УПРАВЛЯЕМОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Рациональное управление водными ресурсами в бассейнах рек зоны орошаемого земледелия - одна из важнейших задач водного хозяйства. Задача управления водохозяйственного комплекса как системой в целом может быть решена только с применением математических методов и вычислительных средств. Несмотря на большое количество математических моделей, реализованных на ЭВМ, вопрос управляемости водохозяйственного комплекса все еще не решен.

Водохозяйственный комплекс (ВХК) формально представлен ориентированным графом древовидного типа $G(X, Y)$, где X - множество вершин графа, а Y - множество его ребер. Ориентация ребер совпадает с направлением течения воды. Узлам соответствуют водохранилища, а ребрам - участки рек между ними.

Рассмотрим понятие управляемости [1] применительно к ВХК.

Определение. Пусть начальное состояние водных ресурсов определяется значениями $R_{0,i}$ ($i = 1, 2, \ldots, n$) из выражения

$$R_{0,1} = \frac{V'_{6,i}}{V_{5,i}} = \frac{V_{0,i} + V_{1,i} - V_{2,i} - V_{3,i}}{V_{5,i}}, \quad (1=1,2,\ldots n). \qquad (1)$$

Здесь $V_{0,i}$ - начальный объем наполнения i-го водохранилища;

$V_{1,i}$ – незарегулированный приток к i -ому узлу;
$V_{2,i}$ – потери из i -го узла;
$V_{3,i}$ – потребление несельскохозяйственных потребителей.

Если можно подходящим выбором $V_{4,j}$ (j = I, 2, ..., n -1) добиться любых желаемых значений k_i , удовлетворяющих равенствам

$$k = \frac{V_{6,i}^2}{V_{5,i}} = \frac{V_{0,i} + V_{1,i} - V_{2,i} - V_{3,i} + \sum_{j=1}^{n-1} a_{ij} V_{4,j}}{V_{5,i}}, (i=1,2..n), \quad (2)$$

то водные ресурсы вполне управляемы. В соотношении (2) a_{ij} – элементы матрицы инцидентности графа G ; $V_{4,j}$ – объемы перераспределения по j -ому ребру. Способность системы обеспечить любые желаемые объемы располагаемых ресурсов в требуемой точке (узле) называется управляемостью. Рассмотрим управляемость водных ресурсов подробнее.

Из (2) можно получить

$$k_i = k_{0,i} + \frac{1}{V_{5,i}} \sum_{j=1}^{n-1} a_{ij} V_{4j} \quad (i = 1,2,\dots,n). \quad (3)$$

Если ввести диагональную матрицу,

$$\tilde{V}_5 = \begin{vmatrix} \frac{1}{V_{5,1}} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{V_{5,2}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{V_{5,3}} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{V_{5,n}} \end{vmatrix}$$

то выражение (3) примет векторный вид:

$$k = k_0 + \tilde{V}_5 A V_4 . \quad (5)$$

Допустим, что желаемое значение k известно; тогда (5) представляет собой систему n линейных алгебраических уравнений с n – I неизвестной $V_{4,j}$. В соответствии с этим имеем

$$\tilde{V}_5 A V_4 = k - k_0 . \qquad (6)$$

Известно / 2 /, что система (6) имеет решение, если ранг матрицы $\tilde{V}_5 A$ равен рангу расширенной матрицы, полученной добавлением к $\tilde{V}_5 A$ столбца из свободных членов.

Пусть ранг матрицы $\tilde{V}_5 A$ равен числу неизвестных, т.е. n - I. Тогда условие совместности системы (6) означает, что определитель расширенной матрицы равен нулю.

Для конкретного ВХК при заданной структуре матрицы А можно получить условие совместности системы уравнений (6). Отметим, что условие существования решения системы уравнений (6) означает управляемость водных ресурсов в сформулированном выше смысле, т.е. желаемое состояние k должно быть таким, чтобы система уравнений (6) имела решение. Таким образом, если система (6) имеет решение, то желаемое состояние значения может быть достигнуто, в противном случае - нет.

Очевидно, управляемость ВХК зависит от структуры ВХК, заданной матрицей А, начального и конечного желаемого состояния системы, требований сельского хозяйства, незарегулированного притока водных ресурсов.

Получим условия совместности системы уравнений (6), которым должны удовлетворять значения k_i, чтобы система была управляемой.

Рассмотрим граф агрегированной структуры бассейна р.Сырдарья (рисунок).

Назовем агрегаты водохранилищ, являющихся на крупных притоках реки "входными". Это определение становится очевидным, если учесть, что большая часть водных ресурсов поступает по основным притокам. Для бассейна р.Сырдарьи входными узлами являются агрегаты Андижанского, Токтогульского, Чарвакского водохранилищ, расположенные на притоках Сырдарьи: Карадарье, Нарыне, Чирчике.

Матрица инцидентности графа (см.рисунок) имеет вид

$$A = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix} ,$$

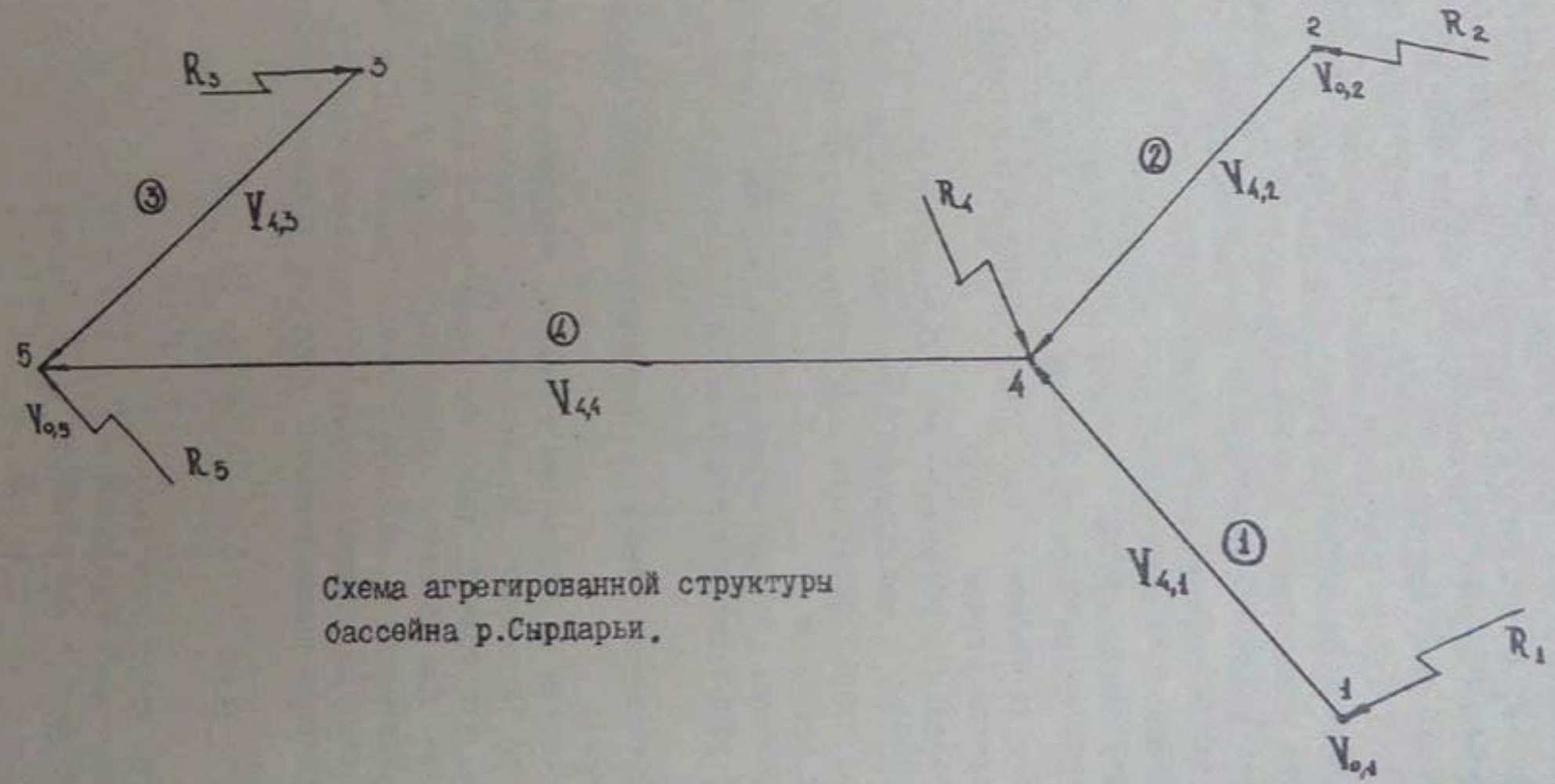


Схема агрегированной структуры бассейна р.Сырдарьи.

С учетом (4) получим:

$$\widetilde{V}_5 A = \begin{vmatrix} -\frac{1}{V_{5,1}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{V_{5,2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{V_{5,3}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{V_{5,5}} & \frac{1}{V_{5,5}} \end{vmatrix} \qquad (7)$$

Введем новую переменную

$$Z = V_4 - \widetilde{V}_4 \geq 0 \ ,$$

т.е.

$$V_4 = Z + \widetilde{V}_4 \ .$$

Преобразуем левую часть (6) с учетом этого соотношения:

$$\widetilde{V}_5 A V_4 = \widetilde{V}_5 A (Z + \widetilde{V}_4) = \widetilde{V}_5 A Z + \widetilde{V}_5 A \widetilde{V}_4 \ .$$

Тогда (6) можно переписать в виде

$$\widetilde{V}_5 A Z = k - k_0 - \widetilde{V}_5 A \widetilde{V}_4 \ . \qquad (8)$$

Отметим, что введение вектора Z не меняет рассуждений о совместности системы уравнений (6).
Обозначим правую часть (8) вектором

$$C = k - k - \widetilde{V}_5 A \widetilde{V}_4 \ . \qquad (9)$$

Непосредственными вычислениями можно убедиться, что ранг матрицы (7) равен 4. Тогда условие совместности системы (8) заключается в равенстве нулю определителя расширенной матрицы. Это условие имеет следующий вид:

$$C_1 V_{5,1} + C_2 V_{5,2} + C_3 V_{5,3} + C_4 V_{5,4} + C_5 V_{5,5} = 0 . \qquad (10)$$

С учетом (9) после несложных преобразований имеем:

$$\sum_{i=1}^{5} (k_i - k_{0,i}) V_{6,i} - \sum_{i=1}^{5} \sum_{j=1}^{4} a_{ij} Y_{4,j} = 0 \qquad (11)$$

Отметим, что в этом соотношении второе слагаемое тождественно (равно) нулю из-за особенностей матрицы инцидентности. Поэтому в дальнейшем оно не рассматривается.

Мы получили уравнение, которому должны удовлетворять требуемые (желаемые) значения k_i , и оно является необходимым условием управляемости ВХК. Ясно, что это уравнение имеет бесконечное множество решений. Нами выбор одной из комбинаций k_i , удовлетворяющей уравнению, проводится на основе анализа состояния общего дефицита в целом по бассейну.

Аналогично (1) определим коэффициент меры дефицита для всего бассейна в целом по формуле

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{6,1}}{\sum_{i=1}^{n} V_{5,1}} . \qquad (12)$$

Рассмотрим два случая, когда $\bar{k} \geq 1$ и $\bar{k} < 1$. Очевидно, что при $\bar{k} \geq 1$ сельское хозяйство располагает избыточным объемом воды, поэтому можно принять $\bar{k} = 1$, а излишек воды должен идти на накопление в водохранилищах.

Для входных узлов определим желаемые значения k_i по схеме

$$k_i = \begin{cases} \bar{k}, & \text{при } k_{0,i} \geq \bar{k}, \\ k_{0,i}, & \text{при } k_{0,i} < \bar{k}. \end{cases} \qquad (13)$$

Схема основана на следующих рассуждениях. По своему географическому положению входные узлы занимают командное место в ВХК. Это означает, что избыток ресурса необходимо накапливать именно во входных узлах, откуда он может быть перераспределен в низовья.

Вместе с тем, если во входном узле относительные располагаемые ресурсы меньше общебассейновых, то их нельзя увеличить за счет перераспределения по вполне очевидным причинам (ресурс не может быть переброшен из низовьев в верховья).

Из (II) выразим k_5 через остальные величины:

$$k_5 = \frac{\sum_{i=1}^{5} k_{0,i} V_{5,i} - \sum_{i=1}^{4} k_i V_{5,i}}{V_{5,5}} \qquad (I4)$$

Пусть для определенности $k_{0,1}$, $k_{0,2} \geqslant k$, а $k_{0,3} < \bar{k}$; тогда, согласно (I3), $k_1 = \bar{k}$, $k_2 = k$, а $k_3 = k_{0,3}$, причем $k_{0,3}$ определяется по формуле (I).

Если $\bar{k} \geqslant$ I, то можно принять k_4 = I, так как нецелесообразно подавать в узел воды больше, чем ее требуется. Если же $\bar{k} <$ I, то необходимо положить $k_4 = \bar{k}$.

В соответствии с этим имеем два значения для k_5

$$k_5 = \frac{\sum_{i=1}^{5} k_{0,i} V_{5,i} - \bar{k}(V_{5,1} + V_{5,2}) - k_{0,3} V_{5,3} - V_{5,4}}{V_{5,5}},$$

$$k_5 = \frac{\sum_{i=1}^{5} k_{0,i} V_{5,i} - k(V_{5,1} + V_{5,2} + V_{5,4}) - k_{0,3} V_{5,3}}{V_{5,5}}, \qquad (I5)$$

Значение k_5 тоже может быть получено больше единицы. В таком случае необходимо принять k_5 = I:

Приведенная в статье формальная процедура выбора желаемых значений относительных располагаемых ресурсов в агрегатах ВХК является одной из многих. При выборе k_i важно учесть соблюдение условия (II).

Необходимо отметить, что соблюдение (II) - необходимое условие управляемости, так как требует только существования решения системы уравнений (6), но не гарантирует его положительности. Таким образом, решение системы линейных уравнений может существовать, но оно не удовлетворяет физическим и техническим ограничениям системы.

Список использованной литературы

I. Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление. - М.: Наука, I97I.
2. Окунев Л.Я. Высшая алгебра. - М.: Просвещение, I968.

Е.В.Аскарова,
В.В.Бердянский,
Н.П.Стариков
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОБ ОЦЕНКЕ ИРРИГАЦИОННОГО ЭФФЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩА (на примере Токтогульского гидроузла)

Регулирование стока в соответствии с требованиями водохозяйственного комплекса (ВХК) - главнейшая из функций водохранилищ. Необходимость в регулировании длительного цикла возникает, когда требования ВХК в отдельные моменты года или многолетия начинают превышать бытовой сток, но еще не превышают его объема в целом за расчетный период. Для Сырдарьинской ВХС потребность в многолетнем регулировании, обеспечивать которое было призвано Токтогульское водохранилище, возникла в начале 70-х годов.

Экономическая оценка регулирования выполняется обычно на стадии проектирования, когда решается вопрос о строительстве объекта, и реже на этапе эксплуатации, например, с целью проведения проверки соответствия фактически достигнутых показателей их проектным предположениям / I /. Методически расчеты проводятся лишь для нормального проектного режима (в пределах заданной расчетной обеспеченности - $P_{расч}$) водохранилища. Оценку для перебойных, крайне маловодных лет (за пределами $P_{расч}$) и использования емкости водохранилища в экстремальных условиях в непроектном режиме, что наблюдалось при вводе Токтогульского гидроузла, проводить не принято (нет и директивных методик проведения подобных расчетов), поскольку предполагается, что ущербы при дефицитах водоотдачи компенсируются за счет народнохозяйственного резерва, а использование емкости в непроектном режиме недопустимо. Однако практика эксплуатации ВХС аридной зоны за последние I0-I5 лет свидетельствует о том, что такие априорные предположения большей частью не выдерживаются / 2 /, а нарушения проектного режима становятся как бы неузаконенной нормой.

Токтогульский гидроузел на р.Нарыне с водохранилищем мно-

голетнего регулирования (см.параметры на рис.I) и ГЭС мощностью I200 МВт - комплексный объект ирригационно-энергетического назначения. Его ввод во временную эксплуатацию (условная дата I.04.I974) совпал с наступлением в бассейне р.Сырдарьи затяжного маловодного периода (I974-I978 гг.; обеспеченность в течение четырех лет - 95%, а в I974 г. - 98-99%).

Для смягчения дефицита оросительной воды летом I974 г. в бассейне были полностью сработаны емкости действующих сезонных водохранилищ (Кайраккумского, Чардаринского и Чарвакского), включая их мертвые объемы (МО) и первоначально накопленные в МО Токтогульского водохранилища 875 млн.м^3. В последующие три года (их обеспеченность 95, 90, 84 %) водохранилища не заполнялись до НПУ, а призмы их МО (для Токтогульского гидроузла - нижние слои этой призмы), вопреки проектным правилам, использовались для сезонного регулирования в ирригационных целях (см.рис.I).

Ущерб энергетики (из-за снижения напоров ГЭС) от такого нарушения проектных правил, оцениваемый только по Токтогульской ГЭС в I28 млн.руб./2/,вызвал необходимость[x)] в разработке соответствующей методики расчета и оценки ирригационного эффекта в подобных экстремальных условиях.

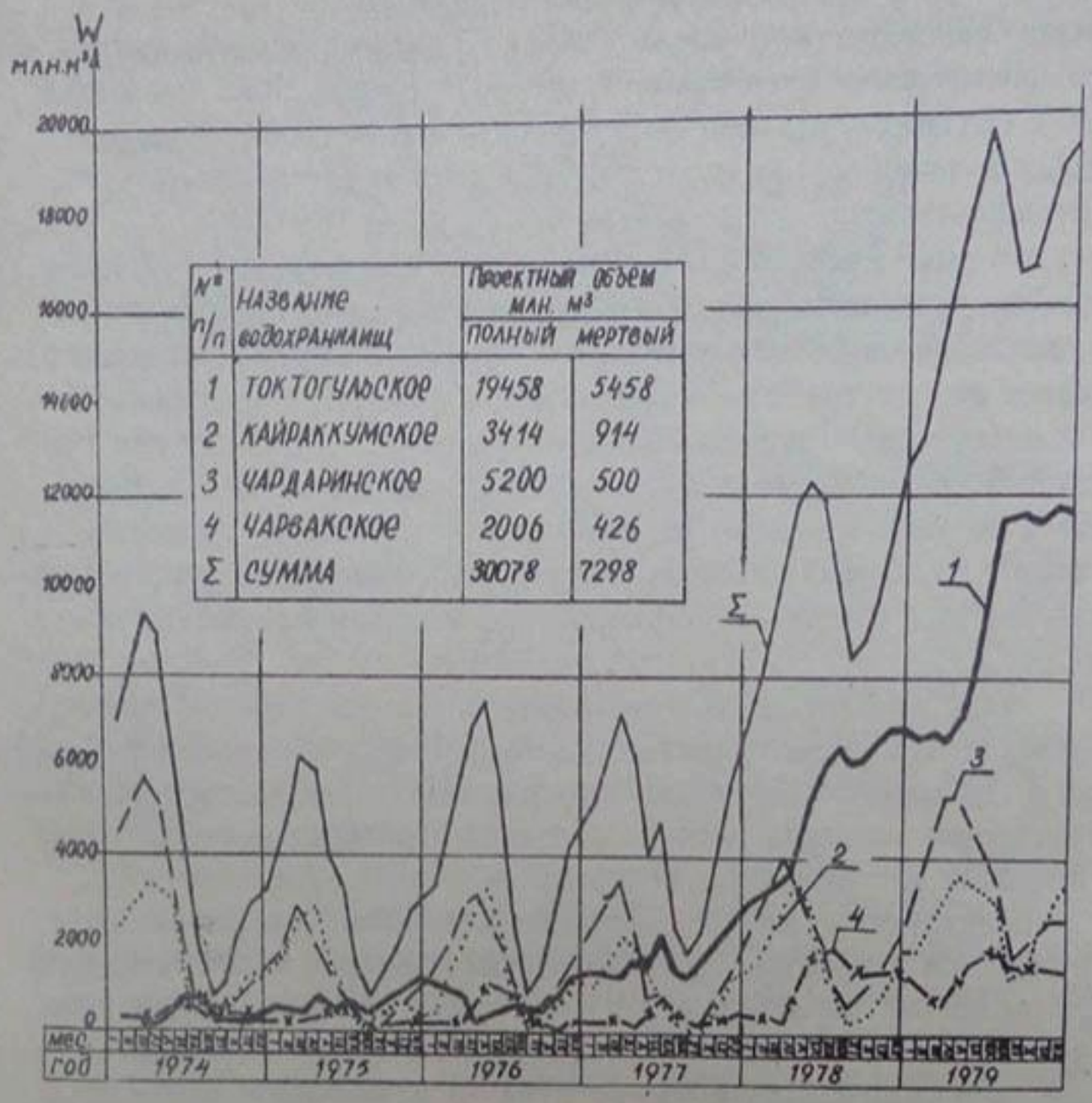
Продуктивный эффект регулирования стока, как известно, оценивается приростом (дополнительным объемом) гарантированной водоотдачи по сравнению с той наибольшей отдачей, которую незарегулированный водоток в состоянии обеспечить бездефицитно (при $p = const$), а экономический (в стоимостном выражении) - опосредованно, через продукцию и прибыль (чистый доход) отраслей, для которых регулирование предназначается (для ирригации / I / - через совокупную сельхозпродукцию в денежном выражении).

Методика, примененная для оценки ирригационного эффекта Токтогульского водохранилища[xx)] в первые годы (событие уже

---

x) Отчет о НИР "Исследование эффективности комплексного использования Токтогульского гидроузла в период временной эксплуатации" (заключительный), САНИИРИ, I982 (№ Госрегистрации 0I826067033).

xx) Там же



№ п/п	Название водохранилищ	Проектный объем млн. м³	
		полный	мертвый
1	ТОКТОГУЛЬСКОЕ	19458	5458
2	КАЙРАККУМСКОЕ	3414	914
3	ЧАРДАРИНСКОЕ	5200	500
4	ЧАРВАКСКОЕ	2006	426
Σ	СУММА	30078	7298

Рис.I. Состояние заполненности основных водохранилищ Сырдарьинской ВХС в период 1974-1979 гг.

свершившееся, эксперимент невозможен), базировалась на соблюдении принципа сопоставимости и исключении из рассмотрения факторов, не влияющих на указанный эффект, на учете как командного положения водохранилища над земельными массивами (непосредственно над Ферганской долиной), так и его функционального назначения (сезонное регулирование для Ферганской долины, многолетнее - всего бассейна Сырдарьи).

Учитывались режимные особенности ирригационного водопотребления: оросительные поливы в вегетационный сезон (IУ-Х месяцы) должны осуществляться по жесткому графику, промывные и влагозарядковые (XI-Ш) - в относительно произвольном режиме, а в отдельные годы допускалось не проводить их совсем. Учитывалось, что при сезонном регулировании попуски из водохранилища в месяцы дефицитные как бы "облагораживают" часть транзитного бытового стока в недефецитные. Без этих попусков упомянутая часть стока оказалась бы "внеграфиковой" (рис.2), и эффект регулирования при этом существенно превышает непосредственный объем компенсирующей дотации из водохранилища. При многолетнем регулировании (сработка запасов прошлых лет), а также при влагозарядковых и промывных поливах эффект попусков составляет I:I.

Расчет выполнялся методом сравнения двух вариантов водохозяйственного баланса (ВХБ) бассейна Сырдарьи, в частности Ферганского водохозяйственного района (ВХР): фактического (данные по головным водозаборам и попускам из водохранилищ) с расчетными бездефицитными (урезанными) водозаборами, которые имели бы место при отсутствии попусков из Токтогульского водохранилища (см.рис.2); разность их и есть продуктивный эффект ирригационного регулирования. В расчетах приняты следующие допущения:

фактические заборы стока (наблюдаемые гидропостами) и их распределение в вегетационный период - объективное отражение степени технического совершенства ВХС на рассматриваемом временном этапе, они могут быть приняты за истинный гидрограф требований брутто ВХК;

структура сельхозкультур по ВХР стабильна, и исключение из полива отдельных массивов изменяет гидрограф требований пропорционально;

режим прочих водопотребителей (в силу их малого удельного веса) практически не влияет на внутрисезонные пропорции суммарного гидрографа водозаборов при изменениях ирригационных требований;

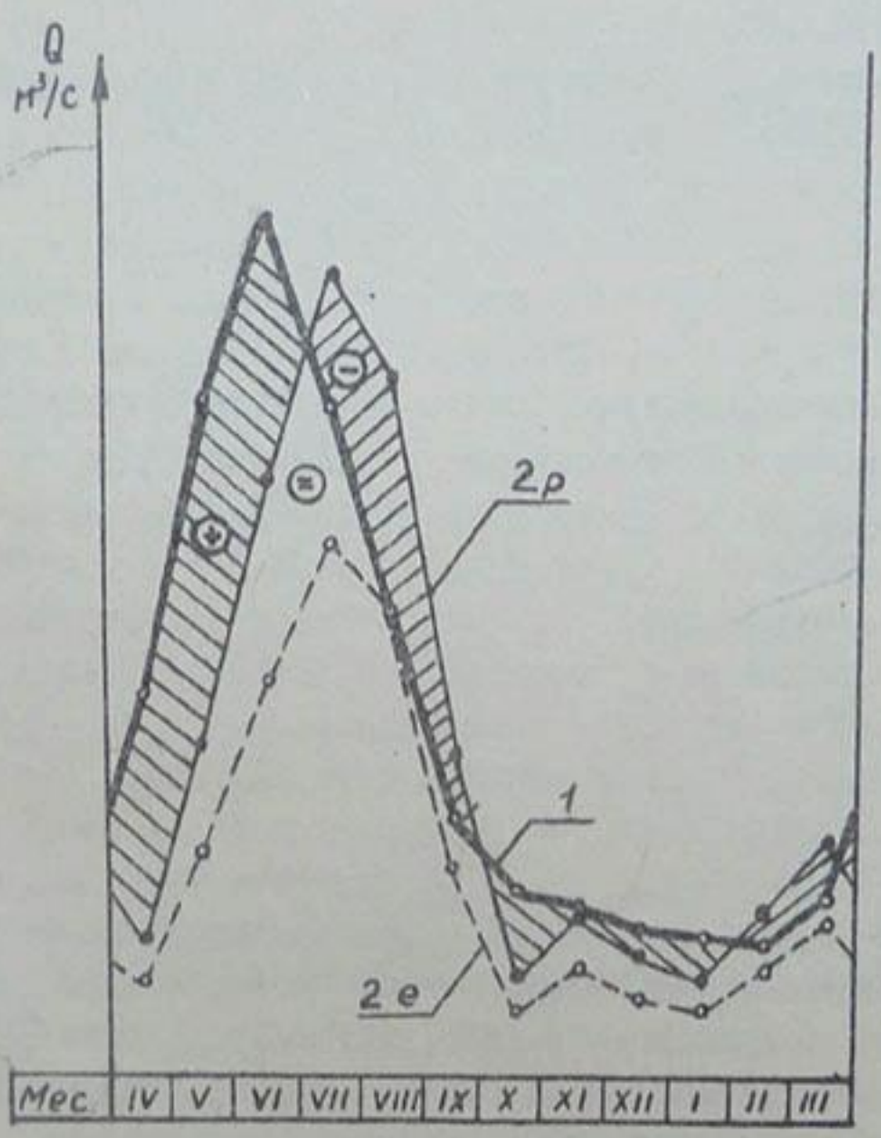


Рис.2. Принципиальная схема определения дополнительной водоотдачи при сезонном компенсирующем регулировании (Токтогульским водохранилищем) боковой приточности (р.Сырдарьи) в ВХР (Ферганской долины:
I - гидрограф бытового стока заданной обеспеченности; 2е - водопотребление, не требующее регулирования стока ("вписанный" гидрограф);
2р то же, прр сезонном регулировании;
⊕ - избыток стока (наполнение);
⊖ - дефицит (сработка водохранилища);
⊜ - транзитный сток.

местоположение головных водозаборов Ферганской долины соответствует расположению гидропостов, фиксирующих так называемый "сток рек периферии", и находится выше сбросов коллекторов и выклинивания дренажных вод, поэтому использованием возвратных вод в пределах этого ВХР можно пренебречь.

Учитывалось, что заполнение Токтогульского водохранилища в пусковом 1974 гг.(см.рис.1) с апреля по июль осуществлялось в то время,когда на нижележащих Кайраккумском и Чардаринском уже началась сработка, и сток, накопленный в его МО, без осложнений мог быть задержан в любом из этих двух водохранилищ. Следовательно, и последующие попуски из Токтогульского водохранилища, используемые в районе среднего течения Сырдарьи, нельзя считать эффектом его регулирования. То же можно сказать и о Кайраккумском и Чардаринском водохранилищах, когда они в 1975, 1976 и 1977 гг. не заполнялись до отметки НПУ. В 1978 г. Кайраккумское водохранилище уже было заполнено до НПУ, а затем сработано ниже отметки МО, что послужило основанием считать токтогульские попуски в район среднего течения продуктивным эффектом. Зарегулированный Токтогульским водохранилищем сток, вычисленный с учетом конкретной водохозяйственной обстановки в бассейне, представлен в таблице.

Стоимостная оценка эффекта производилась, исходя из предпосылки, что при отсутствии попусков Токтогульского водохранилища соответствующие земельные площади просто не засевались бы и ущерб был бы равен потере совокупного чистого дохода.

Примененный метод, бесспорно, не обеспечивает полной объективности оценки эффекта, но во всяком случае не завышает его (что при конкретном целевом назначении НИР было наиболее существенно). Расчет (см.таблицу) выполнен с использованием осредненных удельных показателей эффективности оросительной воды в бассейне р.Сырдарьи (для уровня развития 1975 г.), разработанных в САНИИРИ (С.А.Полиновым и М.А.Пинхасовым[x)]); в частности, совокупный чистый доход - 7,26 коп/м^3.

Экономический эффект ирригационного регулирования стока в Токтогульском водохранилище в экстремальных условиях первого

---

x) Отчет о НИР "Разработать систему показателей эффективности использования оросительной воды" (заключительный), САНИИРИ, 1980 (№ Госрегистрации 79033729)

этапа его эксплуатации (1974–1979 гг.) оценен согласно изложенной методике в среднем в 36,5 млн.руб/год по чистому доходу.

Таблица

Показатели ирригационного эффекта использования Токтогульского водохранилища на первом этапе эксплуатации (1974–1979 гг.)

Показатели	Ед. изм.	Год					Итого
		1974–1975	1975–1976	1976–1977	1977–1978	1978–1979	
Объем сработки водохранилища	млн.м^3	875	1027	1062	1091	618	4673
Из них использовано:							
а) в Ферганской долине	–"–	242	307	147	–	284	980
б) в среднем и нижнем течении Сырдарьи	–"–	633	720	915	1091	334	3693
Дополнительно зарегулированный сток	–"–	1032	370	436	–	739	2514
в том числе:							
а) в Ферганской долине	–"–	1032	370	436	–	405	2180
б) в среднем и нижнем течении Сырдарьи	–"–	–	–	–	–	334	334
Экономический эффект в орошаемом земледелии (по чистому доходу)	млн. руб.	74,9	22,3	31,7	–	53,6	182,5

Список использованной литературы

1. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. I. Экономика. Под ред. В.Ф.Моховикова. – М.: Колос, 1984, 225 с.
2. Стариков Н.П. К вопросу использования мертвых объемов водохранилищ ГЭС в целях повышения ирригационной водообеспеченности//Известия АН УзССР. Серия техн.наук. – 1978. – №3. – С.63–67.

А.Г.Сорокин, М.Э.Островский
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ТУЯМУЮНСКИМ ГИДРОУЗЛОМ

Регулирование стока низовьев р.Амударьи осуществляется Туямуюнским водохранилищным гидроузлом, в состав которого входят одна русловая и три наливные емкости - Капарас, Султансанджар и Кошбулак - общим проектным полезным объемом 5,3 км^3. Проектное назначение гидроузла - ирригационно-энергетическое. Являясь замыкающим в Вахшско-Амударьинском каскаде, гидроузел осуществляет сезонное регулирование стока.

За период с 1981 по 1988 год проектные функции гидроузла подтвердились. Однако в процессе его эксплуатации выяснилось, что при неблагоприятной водохозяйственной обстановке (маловодный год, ненаполненное к началу года водохранилище) "независимое" сезонное регулирование стока не гарантирует удовлетворения требований водопотребителей.

Для повышения эффективности регулирования стока в низовьях необходимо управлять водными ресурсами реки на основе рационального распределения регулирующих функций между водохранилищами всего Вахшско-Амударьинского каскада. В схеме распределения регулирующих функций работа Туямуюнского гидроузла может быть представлена в виде некоторого рационального режима, который рассчитывается на основании правил (принципов) эффективного регулирования стока в низовьях в зависимости от начального объема воды в водохранилищах и характеристик притока к гидроузлу. Последние являются теми переменными, с помощью которых осуществляется взаимосвязь режима работы Туямуюнского гидроузла с режимом работы Нурекского (а в перспективе и Рогунского) водохранилища.

Стратегия управления должна обеспечивать выполнение требований водопотребителей, ранжированных в порядке важности (питьевое водоснабжение, ирригация, гидроэнергетика). Требования питьевого водоснабжения определяют необходимость сработки Капарасского водохранилища к началу паводка с целью дальнейшего его наполнения слабоминерализованной водой. Основные функции руслового водохранилища: обеспечение гарантированных водозабора и попусков в нижний бьеф гидроузла, наполнение наливных емкостей Султансанджар и

Кошбулак водой с наименьшей минерализацией, срезка паводка. В то же время Русловое водохранилище в период наибольшего стока наносов необходимо эксплуатировать на пониженных отметках, так как подпор уровней приводит к его интенсивному заилению (на начало 1989 г. $W_з \sim 600$ млн.м^3), а также большим непроизводительным потерям воды в водохранилище (на испарение и фильтрацию) и в оросительных системах нижнего течения (на фильтрацию в каналах за счет осветления потока). К концу года все водохранилища наполняются за счет избытков стока до объема, определяемого расчетными требованиями к конечному наполнению.

Поиск рационального режима (плана) заключается в поэтапном построении частных решений (планов), которые определяют состояние водохранилищ, соответствующее определенным режимам регулирования. Окончательный выбор рационального режима осуществляется на основании оценки эффективности того или иного плана.

Для оценки функционирования Туямуюнского гидроузла и использования стока в низовьях р.Амударьи можно рекомендовать ряд безразмерных показателей $П_i$. Основные из них: показатели обеспечения требований питьевого водоснабжения (по объему и качеству воды), а также регулирования паводка, наполнения водохранилищ, потерь стока.

Показатель обеспечения требований по объему воды (водозабора) характеризует отклонение фактического объема водозабора W от требуемого $W_{тр}$:

$$П_W = 1 - \frac{W}{W_{тр}}, \qquad (1)$$

$$0 \leq П_W \leq 1 .$$

Показатель обеспечения качества воды характеризует отклонение нормированного значения минерализации $S_н$ от фактической ее величины S:

$$П_S = 1 - \frac{S_н}{S}$$

$$0 \leq П_S \leq П_{S.max} . \qquad (2)$$

Если вода используется для нужд питьевого водоснабжения, нормированное значение минерализации $S_н$ соответствует величине ПДК. В случае использования воды для орошения значение $S_н$ соответствует максимальному значению минерализации S_{max}, превышение которой приводит к снижению продуктивности оросительной воды.

Показатель регулирования паводка характеризует долю ущерба (по отношению к доходу), причиняемого сельскохозяйственному производству в результате затопления освоенных пойменных земель:

$$П_{\omega} = \frac{У_{\omega}}{Д_{\omega}}, \qquad 0 \leq П_{\omega} \leq 1 . \tag{3}$$

Здесь $У_{\omega}$ – ущерб, причиняемый сельскохозяйственному производству в результате затопления I га освоенных пойменных земель, руб/га; $Д_{\omega}$ – величина совокупного чистого дохода, получаемого от реализации сельскохозяйственной продукции на освоенных пойменных землях, отнесенная к I га, руб/га.

Показатель наполнения водохранилищ к концу расчетного года характеризует отклонение фактического наполнения V от требуемого $V_{тр}$:

$$П_{V} = 1 - \frac{V}{V_{тр}}, \qquad 1 \geq П \geq 0 . \tag{4}$$

Показатель потерь характеризует потери воды на фильтрацию в каналах (в сравнении с минимально возможными) от уменьшения мутности потока:

$$П_{пот} = 1 - \frac{W_{пот.min}}{W_{пот}}, \qquad П_{пот\,max} \geq П_{пот} \geq 0 . \tag{5}$$

Здесь $W_{пот}$ – потери воды на фильтрацию в каналах, млн.м^3;
$W_{пот.min}$ – минимально возможные потери воды в каналах (функция оптимальной мутности потока), млн.м^3.

Потери воды на испарение и фильтрацию из водохранилищ оцениваются отдельным показателем только в случае избытка стока (если отдача из водохранилища превышает объем безвозвратных потерь в низовьях); при возникновении дефицита стока потери отражаются (в неявной форме) в показателе обеспечения требований потребителей по объему водозабора, так как уменьшают фактический водозабор.

В управлении режимом работы Туямуюнского гидроузла встречаются элементы взаимного исключения, когда одна функция (цель) противоречит или может быть достигнута за счет другой, т.е. су-

ществует проблема неопределенности цели, характерная для объектов многоцелевого назначения. Другими словами, не может быть такого управления, которое приводило бы одновременно все показатели (I) - (5) к нулю.

Систему показателей $П_i$, $i = \overline{I,n}$ можно объединить, если искать не строго оптимальную стратегию управления, а некоторый компромисс целей:

$$\sum_{i=1}^{n} (П_i C_i) \to min , \qquad (6)$$

где C_i - оценка значимости i -го показателя (выражается в долях единицы и определяется экспертами); $\sum_{i=1}^{n} C_i = 1$.

Другим способом сведения многокритериальной задачи к однокритериальной является метод выделения главного критерия и назначение ограничений.

В качестве основного можно рекомендовать экономический критерий, состоящий из показателей регулирования $П_i$ и стоимостных характеристик использования стока A_i (цели, которые не могут быть выражены в стоимостном измерении, вводятся в виде ограничений):

$$\sum_{i=1}^{n} (A_i П_i) \to min . \qquad (7)$$

В основе экономической оценки режима работы Туямуюнского гидроузла использован принцип выполнения требований потребителей (достижение планируемого производства продукции) при наименьших расчетных затратах - принцип максимального эффекта для заданного ресурса. В случаях, когда планируемый объем продукции не производится (возникает дефицит стока, ухудшается качество воды и так далее, т.е. возникают потери), в состав затрат включается ущерб, наносимый народному хозяйству.

Стоимостная характеристика A_i может быть определена из условия

$$A_i П_i = \frac{У_i}{Э_{max}} , \qquad (8)$$

где $Э_{max}$ - максимальный эффект от реализации сельхозпродукции, соответствующий "оптимальному" плану, т.е. режиму, обеспечивающему выполнение требования $\sum_{i=1}^{n} (A_i П_i) = 0$; $У_i$ - ущерб от i -го фактора в результате невыполнения "оптимального"

плана. Эффект (ущерб) от рационального (нерационального) регулирования определяется на основе экономической оценки водных ресурсов.

Стоимостная оценка оросительной воды может характеризоваться или приведенными затратами, приходящимися на единицу объема водозабора (себестоимость воды), или совокупным чистым доходом от использования I $м^3$ оросительной воды (продуктивность воды). Количественные характеристики оценок могут быть приняты по данным исследований САНИИРИ дифференцированно в зависимости от минерализации оросительной воды, грунтовых вод и уровня их залегания / I,2 /.

В условиях ограниченности водных ресурсов (дефицитов стока) оценка оросительной воды (в том числе и сильноминерализованной) производится по ее продуктивности. При дефицитах стока потери воды также должны оценивать по продуктивности.

В условиях, когда объем использования водных ресурсов превышает требования и есть возможность увеличить водоподачу, оценка эффективности использования воды должна производиться на основании соизмерения дополнительно произведенных затрат с дополнительно полученным эффектом. Величина ущерба от минерализации может быть определена расчетными затратами от перерасхода воды. Аналогично производится оценка потерь стока, если есть возможность возместить их за счет избытков.

Экономическая оценка ущерба, причиняемого паводком, состоит в определении непосредственно потерь, связанных с уменьшением дохода от реализации продукции сельскохозяйственного производства, или затрат, компенсирующих (ограничивающих) отрицательное воздействие паводка.

Таким образом, экономическая оценка водных ресурсов должна отражать все возможные отрицательные последствия хозяйственной деятельности человека и учитывать потери (ущерб) как в условиях ограниченных, так и избыточных ресурсов. Однако не всегда это возможно сделать. Нет в настоящее время, например, экономически обоснованных оценок водных ресурсов, которые требуется сбрасывать в Арал.

Если необходимо оценить повышение эффективности регулирования стока в абсолютных величинах, то сравнение вариантов производится не по показателю (7), а по формуле

$$\Delta Э_{1-2} = \sum_{i=1}^{n} (У_2 - У_1)_i \ , \qquad (9)$$

где I,2 - индексы вариантов.

Эффективность водохозяйственных мероприятий определяется соизмерением произведенных затрат с полученным эффектом:

$$\Delta Э_м = \Delta Э_{1-2} - З_м \cdot \qquad (10)$$

Здесь $З_м$ - затраты, необходимые для реализации водохозяйственных мероприятий, млн.руб.;

$\Delta Э_{1-2}$ - эффект, полученный от реализации водохозяйственных мероприятий, млн.руб.;

$1, 2$ - соответственно индексы варианта, предусматривающего мероприятия, и базового варианта.

Таким образом, показатель (10) можно использовать в качестве функции сравнения, оценивающей повышение эффективности регулирования стока при обосновании водохозяйственных мероприятий.

Основные технические решения, повышающие эффективность регулирования стока в низовьях, были предложены в 1983-1985 гг. / 3 /. Исследования проводились по трем направлениям: обеспечение качества питьевой воды (резервуара для питьевых целей); предупреждение чрезмерного осветления речной воды (предложение по изменению проектной схемы заполнения наливных водохранилищ - Кошбулакского и Султансанджарского - с водозабором из реки); предупреждение возможных дефицитов воды. В 1986-1988 гг. предложенные технические решения уточнялись (с участием проектных организаций) и частично реализовывались.

В настоящее время обоснование рекомендуемых мероприятий производится с использованием разрабатываемых математических моделей и программ, реализующих на ЭВМ расчет (имитацию) рациональных режимов и оценку эффективности регулирования стока.

Список использованной литературы

1. Полинов С.А., Пинхасов М.А., Калфас Т. Как определить допустимые затраты на водное хозяйство (на примере орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря). - Экономика и жизнь, 1984, № 12.
2. Меришенский М.С., Полинов С.А., Якубов Х.И. Экономико-математические основы модели оптимизации водопотреблений орошаемых территорий регулированием мелиоративного режима (на примере низовьев Амударьи) //Сб.науч.тр. Среднеаз.НИИ ирригации. - 1982. - Вып.166.

3. Мухамедов А.М., Каюмов О.А., Сорокин А.Г. О некоторых мероприятиях по предотвращению ухудшения водохозяйственной обстановки в низовьях Амударьи //Сб. науч. тр. //Среднеаз. НИИ ирригации. - Вып. I74.- I985. - С.2I-25.

Дмитриев А.Б.
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПОЙМЫ р. ЧИРЧИК ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

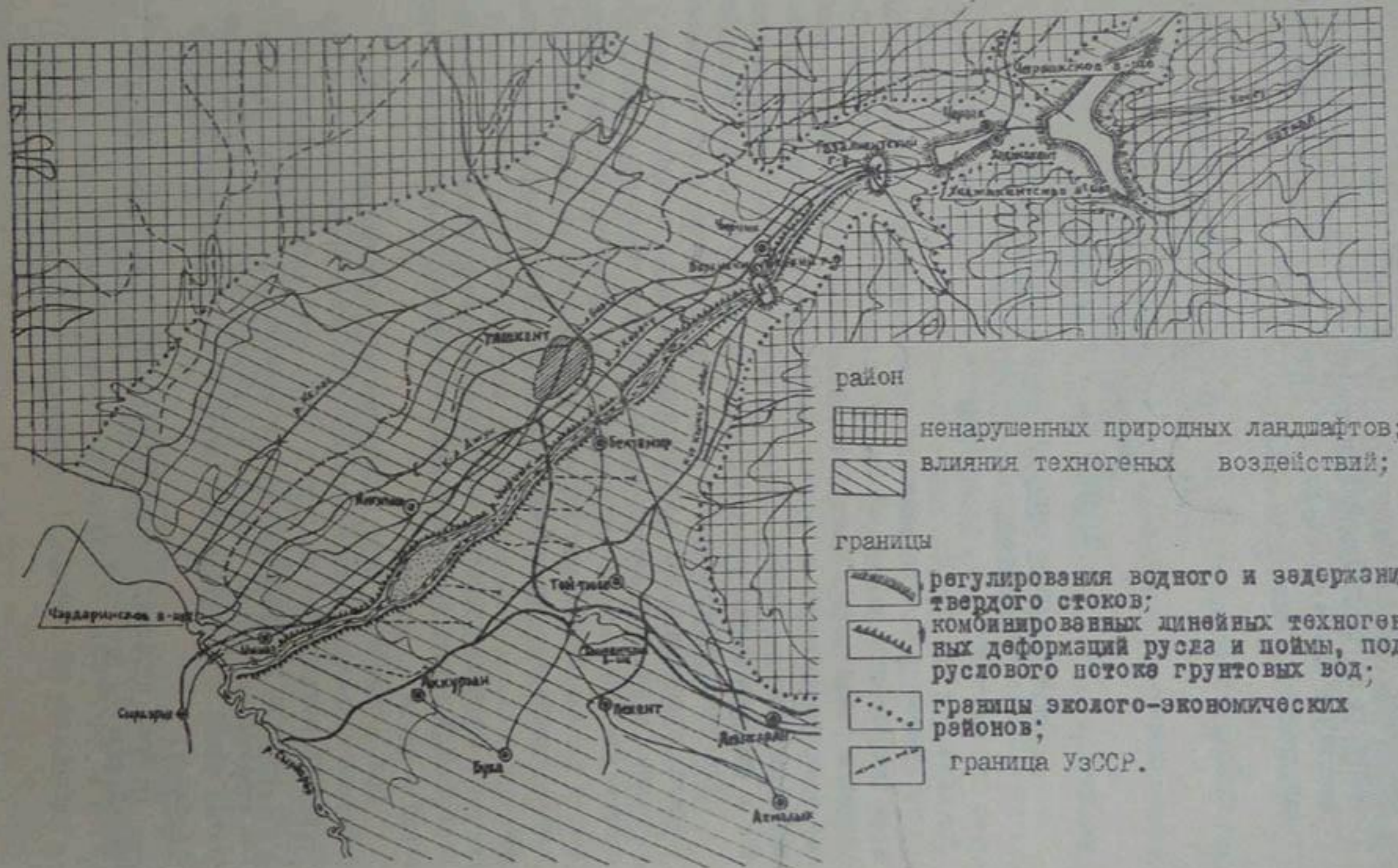
Р.Чирчик в Среднеазиатском регионе больше других рек подвержена техногенным воздействиям. Русло этой реки интенсивно деградирует в результате общего размыва, вызванного задержанием наносов в водохранилищах и верхних бьефах низконапорных плотин. Активно развиваются регрессивные размывы в зонах карьерных выработок и локализованные размывы на участках искусственных стеснений.

Для нормализации уровня воды, сечений русла и поймы, восстановления пропускной способности поверхностных и грунтовых вод р.Чирчик, а также преобразования ландшафта требуется немедленное проведение специальных мероприятий, в составе которых необходимо ввести регламентирование карьерных разработок песчано-гравийной смеси, инженерное управление процессами размыва, другие мероприятия.

Выявить степень изменения реки под влиянием техногенных воздействий можно при составлении экологических карт этих воздействий в целом по долине.

При составлении карт экологического районирования поймы р.Чирчик ставилась задача типизации участков поймы по видам техногенного воздействия на сток и русло реки (химическое воздействие нами не рассматривалось). В зависимости от видов воздействия выделялись районы, участки и подучастки [I]. Таксонометрическая схема и характеристика техногенных воздействий приведена в таблице.

Таблица отражает методику составления экологических карт, приведенных на рис. I и 2.


ТАШКЕНТ
Чирчик
Ахангаран
Бекабад
Ташкент
Акжурган
Чирчик
Бурда
Ленинград
Ленинград
Ахангаран
Чирчик
Чирчик
Чирчик

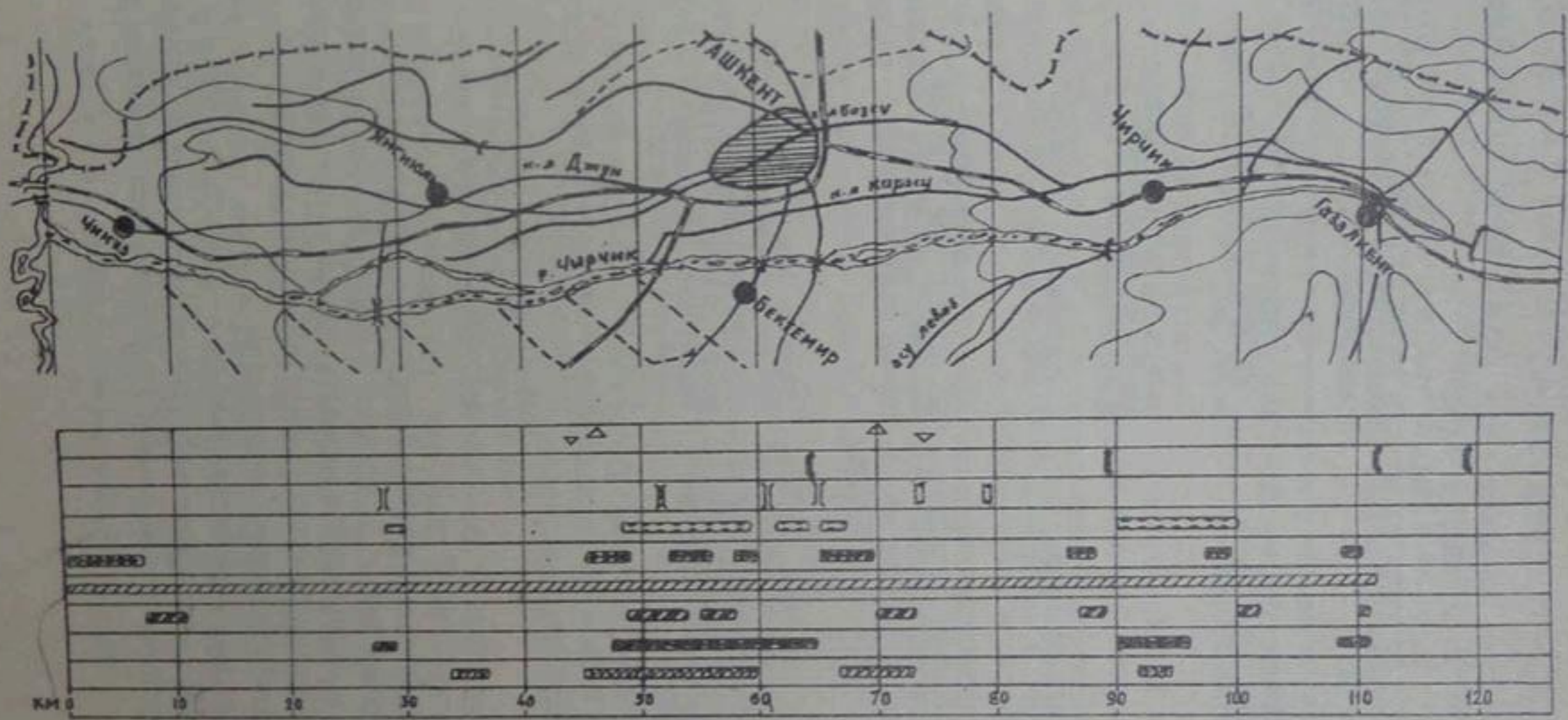


Рис. 2. Схема распределения техногенных воздействий на р. Чирчик:

- бесплотинные водозаборы;
- плотины, защитные пороги;
- трубопроводы;
- мостовые переходы;
- участки стеснения русла;
- карьерные разработки;
- прямой размыв осветленным потоком;
- регрессивный размыв;
- локализованный размыв;
- скопления мусора.

Таблица

Таксонометрическая линейная схема техногенного воздействия на русло и пойму р.Чирчик

Элемент схематизации	Признак схематизации	Наименование элементов схематизации	Масштабы схематизации
Район	Наличие и отсутствие техногенных воздействий	Территория бассейна с сохраняющимися естественными процессами	I:300 000
		Зоны искажения естественных процессов под влиянием техногенных воздействий	
Участок	Регулирование водного и задержание твердого стока	Водохранилища и крупные водозаборы	
	Комбинированные линейные техногенные деформации русла и поймы и подрусслового потока грунтовых вод	Изменение естественных форм поймы и русла, режима подрусслового потока грунтовых вод	I:300 000
Подучасток	Последствия различных видов техногенной деятельности и строительства инженерных сооружений	Влияние задержания наносов в водохранилищах, разработка карьерных выемок, стеснения русла, скопления бытового и строительного мусора	I:100 000
		Изменение режима реки инфильтрационными и бесплотинными водозаборами, мостовыми и другими переходами	

Самой крупной единицей районирования является район. На рис. I выделен район отсутствия и район наличия техногенных воздействий. В первый район включены горные и пустынные области, во второй - зона орошаемого земледелия и зона воздействия Чирчик-Ташкент-Янгиюльской агломерации.

Горные зоны, расположенные от отметок 700 - 900 м и выше, характеризуются сохранением естественных процессов формирования стока (поверхностного и подземного) естественным развитием рус-

ловых процессов, а также минимальным количеством гидротехнических и других сооружений.

В пустынных зонах практически отсутствуют условия для земледелия или имеются небольшие площади багарного земледелия.

В пределах района техногенных воздействий (рис.I) выделяются участки:

регулирования водного и задержание твердого стоков;

развития комбинированных техногенных деформаций русла и поймы, включая сопутствующие техногенным воздействиям эрозионные процессы.

Сезонное регулирование стока осуществляется в верхнем течении реки Чирчикским и Ходжекентским водохранилищами. Ниже по течению на Газалкентской и Верхнечирчикской плотинах производится основной водозабор в Чирчик-Бозсуйский водноэнергетический тракт и в канал Левобережный Карасу.

Регулирование стока в вышеназванных водохранилищах привело к сглаживанию пиков максимальных расходов весенне-летних паводков (на I5 - 20 %) на всей реке ниже по течению. В то же время стали более длительными периоды попусков средних и минимальных расходов. Задержание наносов водохранилищами привело к тому,что ниже г. Газалкента и до самого устья русло реки превратилось из многорукавного в однорукавное. Затем произошла врезка русла на 3 - 4 м в собственные отложения с образованием стабилизирующей отмостки.

Суммарный водозабор в названные каналы в период вегетации достигает 600 - 700 $м^3/с$, что составляет 25 - 30 % от величины катастрофических расходов и сглаживает, как уже говорилось, максимальные величины попусков по реке.

Участки комбинированных техногенных воздействий (рис.2) - это, как правило, участки разработки карьеров, стеснения русла дамбами и мостами, зоны загрязнения отходами и мусором (особенно районы городов Ташкента и Чирчика). Существенное влияние на экологию поймы оказывают также инфильтрационные водозаборы. В настоящее время действуют I4 водозаборов, которые периодически понижают уровни грунтовых вод в депрессионных воронках.

К подучасткам техногенных воздействий относятся:

регрессивный размыв (попятная эрозия) выше карьерных выработок;

локальные и линейно-развитые свалки мусора;

локализованные размывы в местах стеснения русла.

Как видно из рис. I и 2, техногенным воздействиям подвержена вся долина реки. Наиболее угрожающая их концентрация отмечается вблизи городов. Подобное глобальное воздействие ускорило процесс деградации ее естественного состояния, который коренным образом изменил ландшафт поймы - исчезла флора и фауна, снизились рекреационные ресурсы, изменилось качество воды и т.д. Карьерные выемки представляют собой бесформенные ямы и траншеи, которые заболачиваются и заиляются. Неприглядность картины довершают свалки мусора вдоль берегов рек и карьерных выемок либо в самих карьерах.

Такое состояние р.Чирчик при крайнем дефиците зон рекреации в долине оценивается как кризисное. На участках городов Чирчик, Ташкент и Янгиюль эта река в перспективе должна стать каркасом для создания цепочки рекреационных ландшафтов [2]. В этой связи предложенные карты районирования техногенных воздействий можно рассматривать как основу для определения состава и очередности рекультивационных работ, которые в ближайшее время будут намечены в составе разрабатываемой в НПО САНИИРИ комплексной схемы размещения и развития карьерных выемок на перспективу до 2000 года.

Использованная литература

I. Крылов М.М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана.- Изд-во Академии наук УзССР. - Ташкент: 1959, 234 с.
2. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. - М: Мысль, 1986 - 236 с.

М.Мирзиятов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА НАНОСОВ НА ДЕФОРМАЦИЮ РУСЕЛ ПРЕДГОРНЫХ РЕК СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Характерной особенностью водного режима р.Сурхандарьи является наличие четко выраженной волны весенне-летнего половодья. За период половодья рекой транспортируется 70-80 % объема воды от годового стока и 80-90 % от годового стока наносов. Павод-

ки на р.Сурхандарье часто наносят огромный ущерб народному хозяйству - затопляют и размывают сельскохозяйственные угодья и населенные пункты.

Естественно, что мероприятия по защите берегов от размыва и затопления сельскохозяйственных угодий в реках должны проводиться на базе изучения режима наносов.

Для р.Сурхандарьи характерно резкое увеличение стока донных наносов и мутности воды по мере продвижения их вниз по реке до Южносурханского водохранилища. Средний расход наносов изменяется от 62,8 кг/с в верхнем створе до I93 в нижнем. Мутность воды соответственно равна 0,9 и 2,0 кг/м^3.

Динамика распределения средних значений диаметров донных наносов по месяцам и по годам (рис.I) показывает, что уменьшение средних диаметров происходило с марта до начала июня, затем они резко увеличивались до конца июля, т.е. до момента спада паводка. Это подтверждают и средние значения донных наносов по створам р. Сурхандарьи. В I980-I982 гг. среднее значение диаметра равнялось 6,8 мм, в I983 г. эта величина резко уменьшилась до I,5 мм, а в I984 г. она возросла до 9,0 мм. Такой скачок произошел, вероятно, из-за многоводности года. В результате изменения количества и состава наносов поднимается дно русла, а это вызывает интенсивный размыв берегов и защитных сооружений.

Динамика распределения наибольших значений диаметров донных наносов по месяцам и их осредненные значения по годам (рис. 2) показала, что эта величина увеличивалась к середине июня до I00 мм, а к концу паводка (июль-август) уменьшалась до 75 - 80 мм. Распределение осредненных значений наибольших диаметров донных наносов по годам показало их увеличение до I982 г. (до 80 мм.), в дальнейшем они оставались без изменения.

Как показали наши измерения, в первой половине паводка наблюдался подъем дна русла, во второй половине - спад. В это же время происходят русловые переформирования (побочни, островки и отмели).

Из сказанного следует, что с увеличением диаметра наносов, двигающихся по руслу реки, дно русла поднимается, основной поток разделяется на рукава и происходит сваал потока к берегам и защитным сооружениям. Резкое колебание уровней и расходов воды, создающее подпор у защитных дамб и берегов, способно увеличивать или уменьшать величину размыва, влиять на его интенсивность.

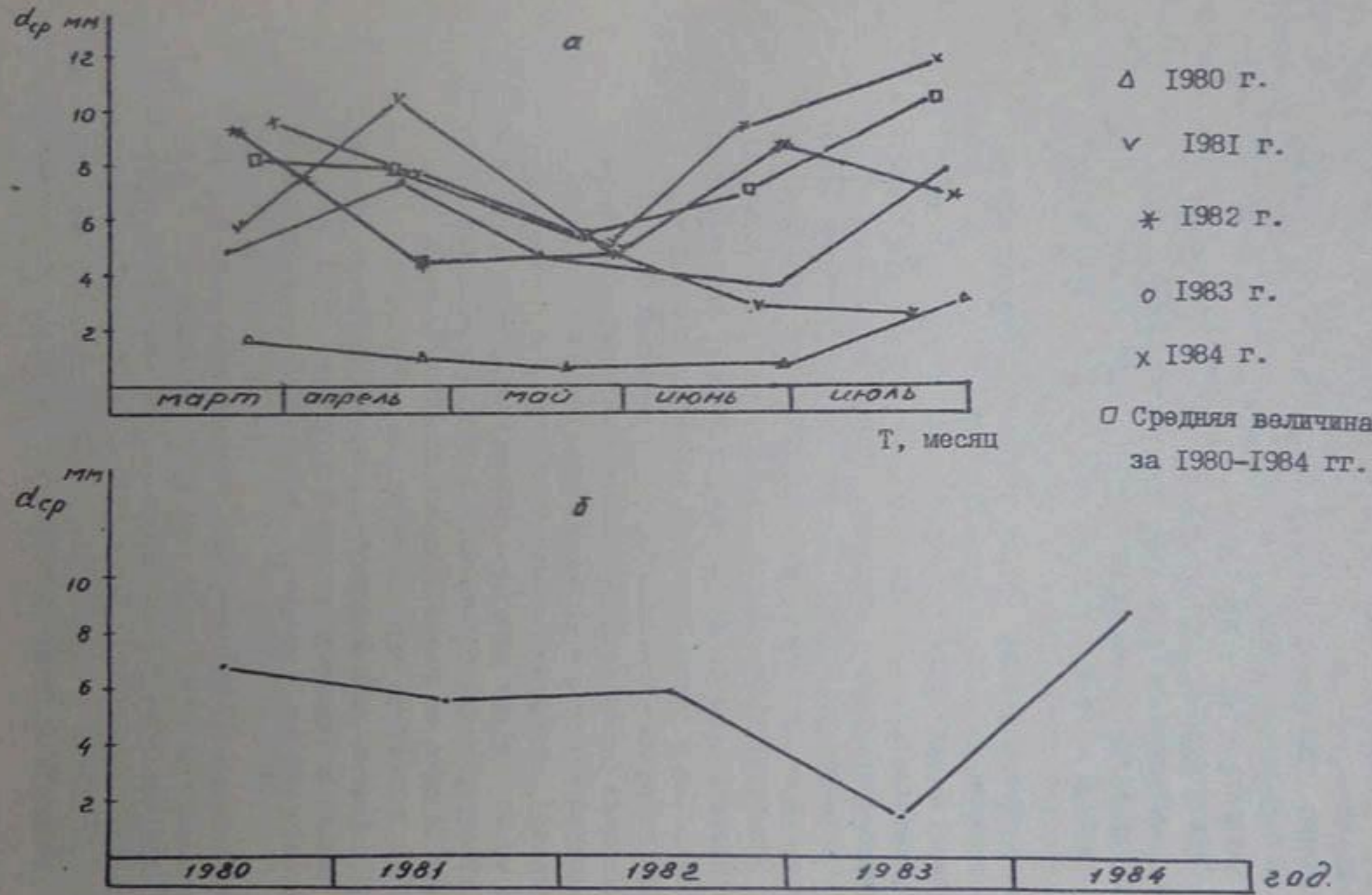


Рис. I. Динамика распределения средних диаметров донных наносов по месяцам за 1980-1984 гг. (а) и их осредненные значения по годам (б).

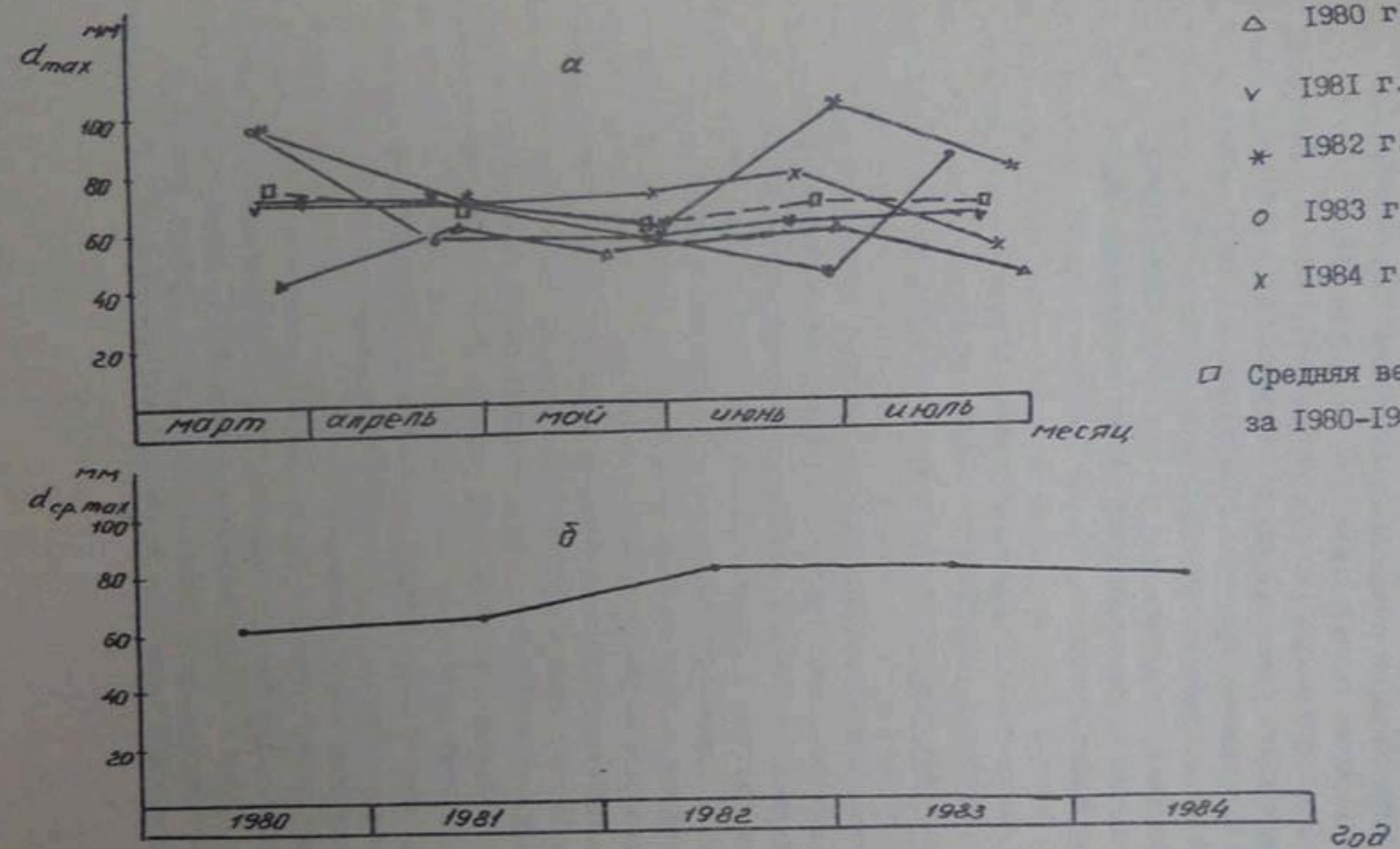


Рис. 2. Динамика распределения наибольших диаметров донных наносов по месяцам за 1980 - 1984 гг. (а) и их средние значения по годам (б) в р. Сурхандарье п. Шурчи.

Для уменьшения интенсивности размыва на реках Сурхандарьинской области нами разработано несколько типов конструкций берегозащитных сооружений, которые в 1982-1986 гг.подвергались натурным испытаниям.

Наиболее эффективными оказались продольные сооружения, выполненные из крупных камней и валунов, засыпкой суглинистого грунта, с посадкой деревьев. Эти сооружения отбивают свал потока от берега и дамбы, ликвидируют переформирование русла в зоне действия сооружения. Русловые образования (побочни, гряды и островки) происходят за пределами этих сооружений.

Разработанные конструкции построены на объектах Сурхандарьинской области. Их экономический эффект составляет 50 тыс.руб. на I км защиты берега.

А.А.Кадыров, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

КПД ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

Коэффициент полезного действия оросительных систем можно рассматривать как некоторый универсальный и количественный показатель, отражающий в той или иной степени техническое состояние канала или системы в целом, уровень их эксплуатации, технический уровень гидросооружений в каналах разного порядка, оснащенность водомерными устройствами и т.д.

На практике рассматривают раздельно / I /:

I. КПД оросительных систем, равный отношению воды, поданной на поля, к забору воды в голове системы из источника орошения. Одновременно этот КПД как результирующий равен произведению КПД межхозяйственной оросительной сети на КПД внутрихозяйственной оросительной сети.

2. КПД техники полива, равный отношению водопотребления поля (эвапотранспирация) с первого полива до конца вегетации к подаче воды на поле (оросительная норма).

КПД как расчетная величина широко используется при составлении хозяйственных планов водопользования и графиков вододеления по каналам. Вопрос о достоверности значений КПД для конкретного канала или оросительной системы приобретает большое экономическое (практическое) значение в связи с введением с 1991 г.

платного водопользования.

Ставя перед собой задачу наметить пути повышения КПД оросительных систем и его составляющих на основе водосберегающих технологий и мероприятий, необходимо остановиться на вопросе о природе потерь, о роли и месте составляющих потерь в формировании КПД.

Потери начинаются сразу же после головного водозабора из источника (река, водохранилище) в виде фильтрации воды через ложе канала и испарения со свободной поверхности текущего потока. Эти потери - неизбежны, как бы объективны; они имеют место на всех типоразмерах каналов от водозабора до поля. Однако те или иные технические или другие мероприятия могут влиять на количественную сторону потерь (например, облицовка ложа каналов существенно сокращает фильтрационные потери), но не устраняют их полностью. Самые современные оросительные системы, когда межхозяйственные каналы полностью и качественно облицованы, хозяйственная сеть представлена в виде лотковых каналов или трубопроводной сети (как, например, в Голодной степи), имеют КПД 0,85-0,90, что можно сравнить с КПД водопроводной сети крупных городов (в Москве он составляет 0,90).

В формировании КПД системы или ее составляющих существенную роль могут сыграть так называемые технические и организационные потери. Технические потери связаны с несовершенством и неудовлетворительной работой гидромеханического оборудования (дефекты затворов, их уплотнений, невозможность точного управления ими и т.д.), установленного на водозаборных, вододелительных и других сооружениях, несовершенством или отсутствием средств водоучета и т.д. По своей природе такие потери - не безвозвратны: вода попадает, как правило, обратно в источник или в другой канал, но для данной оросительной системы или магистрального канала - это реальные потери, ухудшающие их КПД.

Организационные потери происходят при рассогласованных действиях водопотребителя и водохозяйственной организации, занимающейся вододелением, неправильном прогнозе или расчете времени пробега дополнительных расходов до потребителя, недостаточной организации ночных поливов и т.д.

Перечисленные разновидности потерь воды в оросительных системах неравнозначны, они могут изменяться во времени и по

длине оросительных каналов разных типоразмеров, вследствие чего численные значения КПД каналов и оросительных систем в целом могут претерпевать изменения в течение вегетационного периода: в начале вегетации КПД каналов, как правило, выше, затем, по мере насыщения ложа каналов водой и образования установившейся фильтрации, а также восстановления слоя кольматации по смоченному периметру русла канала, значение КПД уменьшается и стабилизируется на определенном значении. К сожалению, систематическое изучение и определение КПД на основе фактических, одновременно измеренных величин расходов по гидрометрическим постам и водовыделам не проводится и поэтому локальные изменения и "всплески" в значениях КПД (в результате организационных потерь или ухудшения технического состояния ГТС) не обнаруживаются и не фиксируются.

Повышение КПД межхозяйственной сети зависит от проведения работ по ее реконструкции, антифильтрационных мероприятий, а также от уровня зарегулированности речного стока водохранилищами, так как потери в сети меньше при стабильных расходах, забираемых в системы из водохранилищ, чем при случайных резко меняющихся расходах.

На основании данных годовых технических отчетов ОблПУВХ УзССР, динамику КПД межхозяйственных систем с 1965 по 1985 год можно представить следующим образом (данные лаборатории реконструкции САНИИРИ):

Год	1965	1970	1975	1980	1985
Значение КПД	0,79	0,80	0,82	0,84	0,85

Значения КПД внутрихозяйственных систем, кроме фильтрационных свойств грунтов, зависят от размеров площади, орошаемой из точки выдела, общей и удельной протяженности внутрихозяйственной оросительной сети, контурности землепользования (размера средней площади поливных участков) и ряда других факторов. Используя накопленные данные полевых измерений фактического КПД, данные изменений общего числа точек выдела по годам, средней площади точек выдела, удельной протяженности сети, а также данные Узгипрозема о применении числа контуров, САНИИРИ дал оценку КПД внутрихозяйственных систем на 1985 г.и ретроспективную оценку с 1965 по 1986 год. Эти данные приведены ниже.

Год	1965	1970	1975	1980	1985
Значение КПД	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72

Известно, что межхозяйственная сеть состоит из магистрального и распределительных каналов разного типоразмера. Ниже приводится фактический КПД крупных магистральных каналов Узбекистана (данные САНИИРИ им.В.Д.Журина и Средазгипроводхлопка) [2, 3]

Канал	Головной расход, $м^3/с$	Длина, км		КПД канала	Примечание
		общая	в том числе земляное русло		
Каршинский магистральный	200-250	180	130	0,86	
Ульяновский магистральный	100	119	119	0,80	Канал расширяется, нарушен кольматационный слой
Амубухарский магистральный (машинный)	360	160	160	0,85-0,9	
Кызылкумский магистральный	160	120	80	0,82	В канал подается осветленная вода из Чардаринского водохранилища

Как отмечалось выше, общий КПД оросительной системы определяется произведением значений КПД межхозяйственной и внутрихозяйственной частей системы. Динамика значений общего КПД за рассмотренный период приводится ниже:

Год	1965	1970	1975	1980	1985
Значение КПД	0,52	0,55	0,57	0,60	0,63

Как видно, укоренившееся представление о значении общего КПД системы 0,50 и ниже давно не соответствует действительности. С 1925-1930 гг., когда, по оценкам Н.Я.Янишевского, общий КПД составлял 0,40-0,45, благодаря реконструкции систем, укрупнению по-

ливных участков к 1965 г.он возрос до 0,52. Сегодня он достиг значения 0,63 и такая тенденция к росту сохраняется.

В связи с изменением инвестиционной политики в мелиоративном строительстве значительная часть капвложений теперь направляется на реконструкцию ГМС, в том числе комплексную. В настоящее время стоимость работ комплексной реконструкции 3-3,5 тыс. руб/га и более. Хотя повышение КПД путем реконструкции ГМС становится целом реальным, для этого требуются огромные средства, ресурсы, а следовательно, и время. Возникает вопрос, имеются ли внутренние резервы, неиспользованные возможности, а на их основе - конкретные предложения, реализация которых до осуществления радикальных, но вместе с тем дорогостоящих мероприятий по комплексной реконструкции ГМС дала бы заметный эффект в смысле улучшения работы каналов и сооружений на них, другими словами, подняла бы их КПД.

Традиционно противофильтрационные облицовки применяют, когда ожидаемые фильтрационные потери больше допустимых и фильтрация из каналов сопровождается подъемом уровня грунтовых вод, вызывающим подтопление и засоление орошаемых земель. При платном водопользовании возникнет спрос на выполнение противофильтрационных мероприятий со стороны водопользователей. Типы облицовок каналов многообразны, различны их свойства и сроки службы, в широких пределах колеблется и их стоимость из расчета на I $м^2$ покрытия: от 10-16 (бетонопленочные сборно-монолитные) до 2-3 руб/$м^2$ грунтопленочные и асфальтобетонные покрытия) [4].

Стоимость грунтопленочных покрытий 2 руб/$м^2$, но большое значение имеют долговечность и прочность пленочного материала. Применяемая на практике полиэтиленовая пленка не очень прочна, поэтому поиски сейчас направлены на получение дешевых и прочных материалов (исходным сырьем для изготовления могут служить недефицитные отходы производства или вторсырье). Такой композиционный пленочный материал под названием "Асрасу" из битума (30 % по весу), отходов производства каучука - крошка БСП (40 %), полиэтилена (20 %) и резиновой крошки от старых автомобильных шин (10 %) получен в САНИИРИ в лаборатории новых строительных материалов [5].

Первая опытная партия пленки (2 тыс.$м^2$) уложена в Паркентском канале Ташкентской области и показала высокие противофиль-

трационные свойства. Прочность на растяжение 25-57 кг/см^2, толщина t = 2 мм. Для решения ряда технологических и других задач (прочность на прорастание, слой грунта, под которым должна быть погребена пленка, получение этого слоя, очистка от наносов и др.) вторая опытная партия (20 тыс.м^2) была уложена в двух каналах в Хорезмской области в 1989 г. Стоимость пленки при массовом выпуске приблизительно 80-82 коп/м^2, грунтопленочного покрытия - 1,5 руб/м^2.

В июле 1988 г.Коллегия Минводхоза СССР рассмотрела вопрос об организации производства перспективных строительных материалов. В числе таких материалов был одобрен описанный выше пленочный материал для широкого внедрения. В случае реализации представленной НПО САНИИРИ программы по производству такой пленки, начиная с 1993-1994 гг.можно будет выпускать по 10 млн.м^2 в год, т.е.обеспечить ею 7-8 тыс.км мелких оросителей или 2-3 тыс.км каналов с расходом около 1 м^3/с.

Магистральные оросительные каналы на всем протяжении имеют множество отводов и перегораживающих сооружений. Уровенные режимы перед перегораживающими сооружениями, по идее, должны быть увязаны, с одной стороны, с графиком водоподачи в отводы, а с другой - с графиком водозабора в канал в голове его. На практике из-за сложности процесса увязки эксплуатационники предпочитают подпорный режим перед перегораживающими сооружениями, регулировка расходов производится на мелких отводах и выпусках. К чему это приводит, покажем на следующем примере. Управление эксплуатации Кызылкумским магистральным каналом (КазССР) обратилось в САНИИРИ им.В.Д.Журина с просьбой помочь в совершенствовании эксплуатации канала, найти внутренние резервы для улучшения КПД без дополнительных крупных капвложений. Сотрудники лаборатории крупных каналов в 1986-1987 гг.(ст.научн.сотр.З.Н.Нуритдинов) изучили эксплуатационный режим канала, выработали ряд предложений и с участием эксплуатационников реализовали в натуре. Расчетный расход канала 150 м^3/с, форсированный - еще больше. Вода в канал поступает из Чардаринского водохранилища практически чистая, поэтому русло канала подвержено общему размыву. На начальном участке происходит деформация русла вширь, поскольку оно сложено из мелкопесчаных, супесчаных, местами суглинистых грунтов.

На пикете 269-30 канала построено перегораживающее сооружение, оборудованное плоскими щитами-затворами. В течение почти

всего вегетационного периода перед сооружением поддерживался подпорный режим, кривая подпора распространилась на 10-12 км вверх по течению, что привело к увеличению потерь на фильтрацию. Их величина, по расчетам, составила 10-11 млн.м^3 за вегетацию.

После осуществления тарировки сооружения были увязаны величины расхода воды с высотой открытия щитов и глубиной воды в нижнем бьефе перегораживающего сооружения ; в нижнем бьефе установлен гидрометрический пост ГР-70, усовершенствованный благодаря использованию измерителя скорости течения с цифровым блоком обработки - ЦБОГ (САНИИРИ). Это дало возможность сократить время определения расхода в створе в два раза, число обслуживающего персонала с 3-4 человек до одного, достаточно быстро устанавливать тот уровень перед сооружением, который наиболее целесообразен в данных условиях.

Потери воды в ОС включают, как уже отмечалось, испарение с водной поверхности, фильтрацию и так называемые организационно-технические потери, природа которых сложна и мало изучена.

Известно, что чем точнее, надежнее и оперативнее измеряются расходы воды на водораспределительных сооружениях, тем экономичнее она (вода)расходуется. Из-за отсутствия методов расчета влияния технического уровня системы на ее КПД остается неизвестной отдача от затрат на нововведения в этой области (Г.А.Рейцин).

В САНИИРИ разработан метод расчета влияния технического совершенствования водораспределительных сооружений на результаты водораспределения и метод оценки годового экономического эффекта оптимального варианта на ЭВМ. Разработан и утвержден программный комплекс для выбора оптимального уровня технического оснащения сооружений.

Программный комплекс позволяет рассчитывать степень влияния водораспределения на конечные результаты в виде экономии воды и изменения затрат (совершенствование водомерных устройств, регулирующих механизмов, телемеханизация и автоматизация, телефонизация и электрофикация, установка вычислительных машин на каждом отдельном сооружении оросительной сети и т.д.). В память ЭВМ закладываются одиннадцать уровней технического оснащения водораспределительных сооружений и соответствующие каждому уровню затраты на эксплуатацию и единовременные затраты.

Метод расчета и программный комплекс могут использоваться:

при проектировании ОС ;

при выборе вариантов реконструкции ОС ;

при расчетах и корректировке КПД ОС ;

при разработке АСУ ТП и др.

В опытном порядке метод использован в САНИИРИ для выбора оптимального оснащения водораспределительных сооружений на канале Дальверзин и других объектах.

Обследования оросительных каналов Узбекистана и Казахстана показали:

магистральные распределительные каналы в той или иной степени зарастают до 65-70 % протяженности ;

хозяйственная сеть каналов зарастает до 90-95 %. Зарастают не только каналы с земляным руслом, но и облицованные - через швы, трещины, щели на бровках и т.д.

Из общей протяженности межхозяйственных каналов 27 тыс.км (данные Минводхоза УзССР) только 7 тыс.км (26 %) облицованы ; из 155,5 тыс.км внутрихозяйственных каналов на долю облицованных в разных областях приходится различная величина: от 0 % (Амударьинское ОПУВХ) до 25-27 % (Самаркандское и Бухарское ОПУВХ).

Зарастаемость зависит от глубины воды, скорости течения, донных отложений, прозрачности, химического состава , температуры воды и т.д. Наблюдения за ОС Средней Азии показывают, что при мутности воды 1,5-2,0 кг/м^3, глубине воды 1 м и более зарастания русла не происходит.

Наиболее вредно прорастание со дна и откосов канала водяной и полуводяной растительности. Это уменьшает живое сечение, увеличивает коэффициент шероховатости, снижает скорость течения, в результате резко уменьшается пропускная способность канала. Такой канал подвержен быстрому заилению. Желание пропустить расчетный или необходимый расход приводит к переполнению канала, увеличению фильтрационных потерь. В результате зарастания коэффициент шероховатости русла может увеличиться в 2-3 раза. Так, для одного из натурных каналов он оказался равным 0,038 вместо 0,02-0,022 по проекту. Если взять канал с земляным руслом типа Кызылкумского с расходом 150 м^3/с и определить глубину его наполнения, то при указанных двух коэффициентах сопротивления получим $H_{ср}$, равную 4,5 и 3,6 м, соответственно. Это дает на 10 км длины канала за вегетацию дополнительные потери на фильтрацию 10-11 млн.м^3. Сюда надо приплюсовать еще транспирацию с поверхности растений, которая также составляет заметную

величину. Службы эксплуатации Минводхоза республики ведут работы по очистке каналов, особенно межхозяйственных, от растительности, но это мероприятие рассматривается, главным образом, с точки зрения увеличения их пропускной способности.

К сожалению, эксплуатационные службы до сих пор испытывают острый недостаток в высокопроизводительных машинах и рабочих органах, механизирующих процесс окашивания. НПО САНИИРИ разработал и налаживает выпуск машин для окашивания откосов коллекторов глубиной до 6 м - "КОК-6,0", а также для окашивания откосов необлицованных каналов, но без воды. Не дожидаясь появления эффективных технологий очистки и соответствующих машин, рекомендуется:

очистку оросительных каналов всех категорий от растительности в отличие от очистки от наносов производить не реже одного раза в год;

очистку закончить повсеместно к началу или в начальный период вегетации; при интенсивной зарастаемости русла канала очистку повторить.

КПД машинных каналов связан с их технико-экономическими характеристиками. В самом деле, каждый кубометр воды, поданной насосной станцией № 6 Каршинского магистрального канала, обходится уже в 6 коп. Между гидравлическим режимом в канале и энергетическим КПД каскада существует определенная взаимосвязь. Для удовлетворительной работы насосов, исключения кавитационных явлений и вибрации частей насосов необходимо поддерживать определенный уровенный режим в канале перед всасывающими камерами насосов. В КМК это достигается за счет поддерживания высокого уровня воды в канале.

Из предыдущего мы знаем, что подпорный режим, переполнение канала связаны с дополнительными потерями на фильтрацию. Потери в канале между насосными станциями КМК за счет геометрического уклона (в проектных условиях) составляют II-I2 м, а при принятом в настоящее время, по рекомендациям САНИИРИ, режиме глубин наполнения - до 9 м. Это дает экономию в затратах до 200 тыс. руб. в год, улучшает энергетический КПД на I-I,5 %. Значения гидравлического КПД каналов каскада не снижаются, так как каналы облицованы и составляют 0,97-0,98. Необходимо провести подобный анализ и на других машинных каналах, найти такие решения, которые, не ухудшая гидравлического КПД каналов, позволили бы поднять энергетический, или наоборот, улучшить гидравлический КПД.

В большинстве регионов республики стационарные насосные станции, передвижные насосные установки типа СНП - 500/10, скважинные электронасосы и другие водоподъемные устройства в настоящее время играют важную роль в функционировании ирригационных систем. По данным, например, служб эксплуатации и Агропрома Ферганской области, в 1986 г.здесь эксплуатировались 134 насосных станции, 2022 скважинные установки системы Минводхоза и более 1500 установок типа СНП - Агропрома УзССР. По ориентировочным расчетам, за тот же год этими машинами было подано более 4,5 млрд.м^3, в том числе:

насосными станциями	- 1,7 млрд.м^3
скважинными установками	- 1,2 -"-
СНП	- 1,6 -"-

Данные Агропрома Ферганской области относительно установок типа СНП (1500 шт.) явно занижены (по данным Агропрома республики, в Узбекистане насчитывается их около 8000 шт.). Только Манкетживмаш и СРПП Минводхоза выпускают около 6 тыс.насосов; при сроках службы 9 лет до 1986 г.выпущено и работает около 50 тыс.машин, около 3,5 тыс., т.е.почти 70 %, осело в УзССР.

Производительность таких насосов оценивается приблизительно в 200-250 л/с, хотя на практике она может составлять величину порядка 400-500 л/с.

Все эти сведения дают основание остро ставить вопрос о быстрейшем налаживании учета и контроля на насосных станциях, о наведении здесь порядка и дисциплины. В противном случае невозможно будет не только ввести платное водопользование на основе научно обоснованных режимов и норм орошения, но и получить достоверные сведения о водоучете в республике, не говоря об установлении объективных значений КПД каналов и оросительных систем.

Выводы

1. Численные значения КПД ОС и их составляющих отражают в себе влияние большого количества разнохарактерных факторов: технический уровень и состояние ОС, уровень эксплуатации и квалификация эксплуатационников, отношение к воде как к ценному ресурсу, наличие достоверного водоучета и др. В условиях нормальной эксплуатации ОС и при достоверном и объективном водоучете (следовательно, и отчетности) среднестатистические значения КПД - величина достаточно постоянная. Желание достичь скачкообразного

увеличения КПД в масштабе района или области, тем более республики, не более чем фикция. Только планомерная и целенаправленная реализация технических, организационных и экономических мероприятий, требующих больших капвложений и времени, способна привести к желаемым результатам.

2. Необходимо найти такое техническое решение или осуществить организационное мероприятие, которые без существенных затрат сил и средств позволили бы улучшить КПД отдельного канала или всей ОС (отказ от подпорного режима в каналах, борьба с растительностью, своевременная и качественная очистка оросительной сети, уменьшение организационных потерь и резкое сокращение сбросов, расширение объемов ночных поливов и т.д.). Такие мероприятия в масштабе региона или республики носят локальный характер, однако для нужд отдельного района, тем более хозяйств с арендными или подрядными растениеводческими бригадами, они могут дать существенный эффект, особенно в условиях платного водопользования.

Список использованной литературы

1. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос. - 1978. - 176 с.
2. Хачикянц В.С. К вопросу об использовании взвешенных наносов в каналах для снижения фильтрации// Сб.науч.тр./ Среднеаз. НИИ ирригации. - 1978. - Вып.157.- С.16-32.
3. Разработка рекомендаций по улучшению КПД КМК на основе контрольных замеров и машинной обработки наблюдений других организаций: Отчет о НИР / САНИИРИ ; Рук.Хачикянц В.С. - ГР № 1880084664.
4. Алтунин В.С. Защитные покрытия оросительных каналов. - М.: Колос. - 1988. - 160 с.
5. Махмудов Ш.М., Шипилов В.М., Толобаев К.К. Противофильтрационная пленка: Информ.листок / УзНИИНТИ. Ташкент, 1989. - № 95.

И.Бегимов, канд.техн.наук
А.С.Касымбеков, А.Д.Ходжаниязов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)
Р.А.Очилов
(УЭ КМК)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА УЧАСТКАХ КАРШИНСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА[x)]

Динамические процессы на объектах управления могут быть исследованы экспериментальными методами на физических моделях и в натуре, а также теоретическими методами на основе математического моделирования и вычислительного эксперимента на ЭВМ. Для получения динамических характеристик объектов управления с помощью экспериментальных исследований в натуре проводят пассивные и активные эксперименты. В пассивных экспериментах изменения входных и выходных сигналов объекта управления во времени постоянно записываются самописущими приборами в режиме эксплуатации, а в активных - изменения выходных сигналов объекта управления во времени записываются при типовых изменениях входных сигналов. В качестве типовых изменений сигналов обычно рассматриваются ступенчатые и импульсные изменения [I].

Для исследования динамических процессов на участках Каршинского магистрального канала (КМК) проводили активные эксперименты, результаты которых дают достаточно точные динамические характеристики объектов управления. Эксперименты проводились на участках канала между насосными станциями № I, 2 и 3 (рис.I).

Основные гидравлические параметры подводящего участка канала: ℓ = 20 км, b = 35 м, n = 0,02, m = 4, i = 0,00005;

участка между н/с № I и 2: ℓ = 20,7 км, b = 7 м, n = 0,0I7, m = 3;

i = 0,000I7 участка, между насосными станциями № 2 и 3:

ℓ = I,4 км, b = 7 м, n = 0,0I7, m = 3, i = 0,000I7

(где ℓ — длина, b — ширина по дну, n — коэффициент шероховатости, m — коэффициент откоса, i — уклон дна участка канала).

---

x) Работа выполнена под руководством д.т.н. Ш.Х.Рахимова.

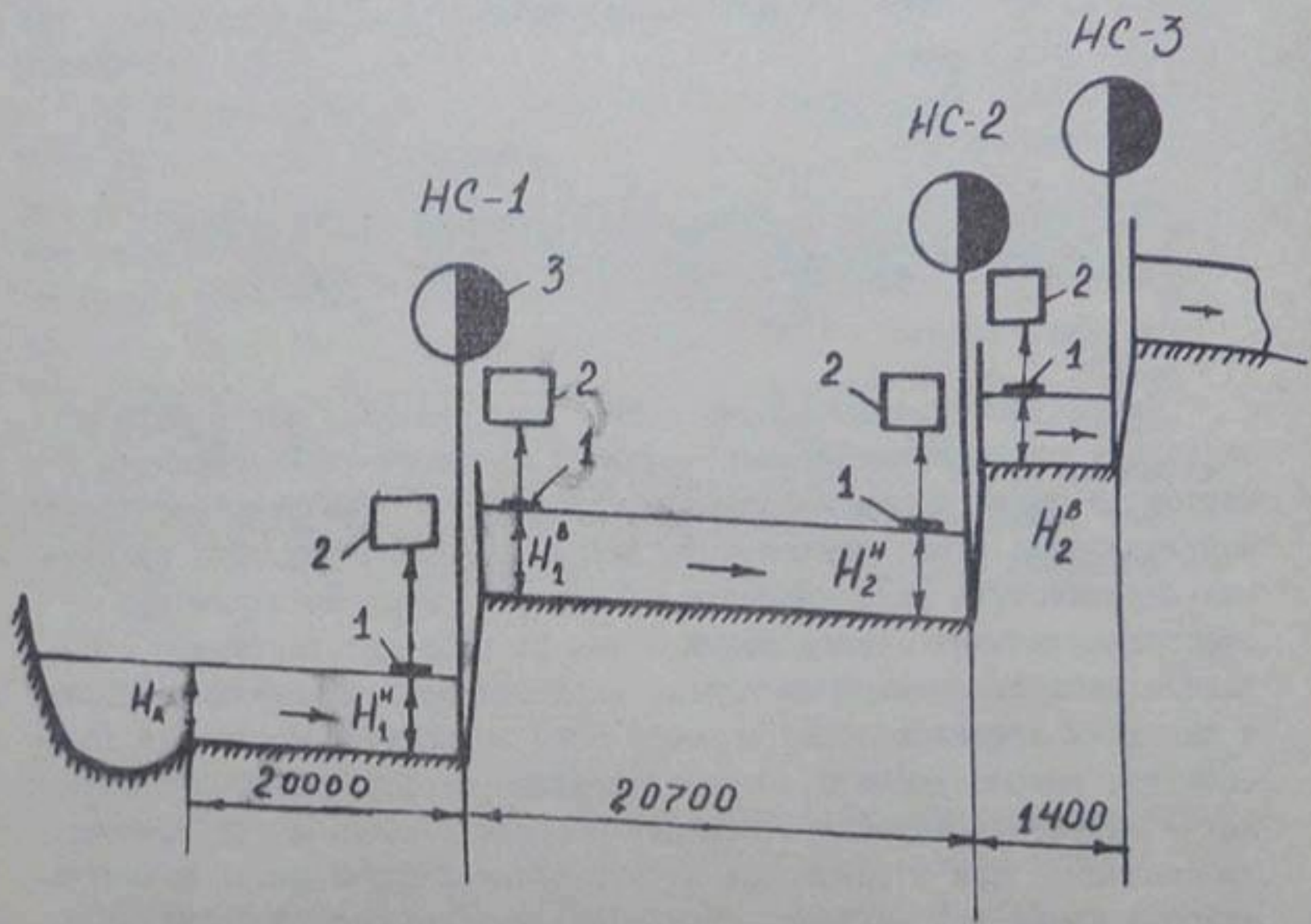


Рис. I. Схема участка Каршинского магистрального канала:
I - поплавковый датчик уровня; 2 - самописец уровня воды; 3 - насосная станция.

Насосная станция № I состоит из шести насосных агрегатов типа ОПВ II-260 с высотой подъема I7-20 м и производительностью каждого агрегата 30-45 $м^3/с$ при регулировании углов разворота лопастей в диапазоне 8°-0°, а насосные станции № 2 и 3 - из шести насосных агрегатов типа ОПВ I0-260 с высотой подъема 24-26 м и производительностью 30-40 $м^3/с$ при изменении углов разворота лопастей в диапазоне 9°-0°.

Производительность насосного агрегата зависит от уровня воды нижнего и верхнего бьефов насосных станций, а также от положения углов разворота лопастей. Гидроэнергетические характеристики насосных агрегатов типа ОПВ II-260 и ОПВ I0-260 приведены в справочнике / 2 /.

В настоящее время на насосной станции № I заварены лопасти всех насосных агрегатов в определенных углах, а на насосных станциях № 2 и 3 - лопасти четырех насосных агрегатов и по два агрегата - разворотных.

Входными сигналами на рассматриваемом объекте являются изменения уровня воды во времени в начале подводящего участка канала H_A и изменения количества и множества номеров и углов разворота лопастей работающих насосных агрегатов насосных станций № I, 2 и 3, а выходными сигналами - изменения уровня воды верхних и нижних бьефов насосных станций № I и 2.

Во время экспериментов синхронно записывались изменения уровней воды в нижних и верхних бьефах насосных станций № I и 2 во времени при помощи самописцев типа "Валдай" с поплавковыми датчиками уровней воды; ступенчатые изменения режима работы насосных станций фиксировались в момент изменения количества, а также множества номеров насосных агрегатов и углов разворота лопастей насосных агрегатов насосных станций.

Проведены три натурных эксперимента.

В первом эксперименте изменяли режим работы насосных станций № I и 3; режим работы насосных станций № 2 и 3 не менялся. В начальный момент времени $t = 0$ на насосной станции № I работали три насосных агрегата № 3, 4 и 5, соответственно, с углами разворота лопастей -2°, -2°, -3°. На насосной станции № 2 работали четыре насосных агрегата № I, 2, 4 и 5 с углами разворота лопастей -2°, 0°, 0°, соответственно. В момент времени $t = 3,25$ ч включался насосный агрегат № 2 первой насосной станции с углом разворота ло-

пастей -3°. Изменения уровня воды нижнего и верхнего бьефов, а также изменения номеров работающих насосных агрегатов насосных станций № I и 2 приведены на рис.2 и 3. На рис.2-8 (а) - изменение уровней воды нижнего H_1 и верхнего H_2 бьефов насосных станций; б) - изменение множества номеров работающих и неработающих насосных агрегатов (закрашенные соответствуют работающим насосным агрегатам).

Одновременно менялся режим работы насосных агрегатов во втором эксперименте (рис.4 и 5). В начальный момент времени $t = 0$ на всех насосных станциях работали по четыре насосных агрегата. На первой насосной станции работали агрегаты № 2,3,4 и 5 с углами разворота лопастей -3°, -2°, -2° и 3°. На второй и третьей насосных станциях работали насосные агрегаты № I,2,4 и 5 с углами разворота лопастей -2°, 0°, 0° и 0°. В момент времени $t = 3,6$ ч одновременно отключали на насосной станции № I насосный агрегат № 4, а на насосных станциях № 2 и 3 - насосный агрегат № I. В момент времени $t = 6,6$ ч их снова включали. Результаты работы этих режимов приведены на рис. 4 и 5.

В третьем эксперименте изменяли режим работы насосных станций I, 2 и 3. В начальный момент времени $t = 0$ на насосной станции № I работали три насосных агрегата № 2,4 и 5 с углами разворота лопастей -3°, -2° и -3°.

На насосной станции № 2 работали четыре насосных агрегата № I,2,4 и 5 с углами разворота лопастей -2°, 0°, 0° и 0°. В момент времени $t = I,I$ ч отключали насосный агрегат № 5 на насосной станции № 2, а в момент времени $t = 4,75$ ч его снова включали с углом разворота лопастей 0°. При $t = 7,3$ ч из-за уменьшения уровня воды нижнего бьефа насосной станции № 2 началась кавитация насосного агрегата № I и он был отключен на время $t = 0,2$ ч.

В момент времени $t = 7,5$ ч был включен насосный агрегат № 3 насосной станции № I. При $t = 7,9$ ч началась кавитация насосного агрегата № 4 насосной станции № 2 и он был отключен на время $t = 0,2$ ч. При $t = 8,2$ ч снова началась кавитация насосного агрегата № I на этой же насосной станции и он был отключен на время $t = 0,2$ ч. В дальнейшем режим работы насосных станций № I и 2 не изменялся (см.рис.6,7,8).

Анализ полученных результатов показал, что в первом эксперименте уровни нижнего и верхнего бьефов насосных станций № I и 2 изменялись, соответственно, на 32 и 36, 44 и I6 см, во втором - на

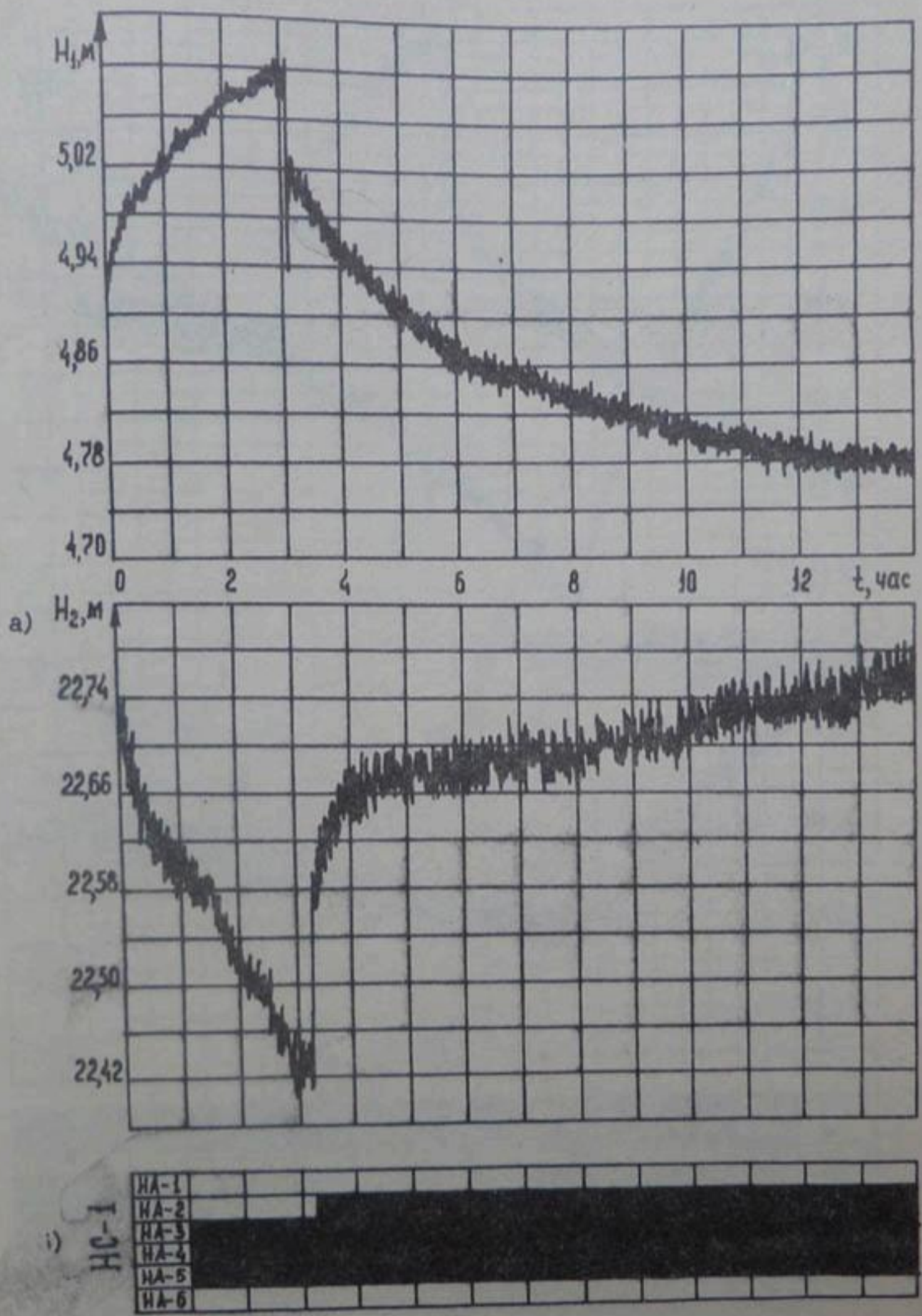


Рис. 2. Изменение режима работы НС-I в первом эксперименте.

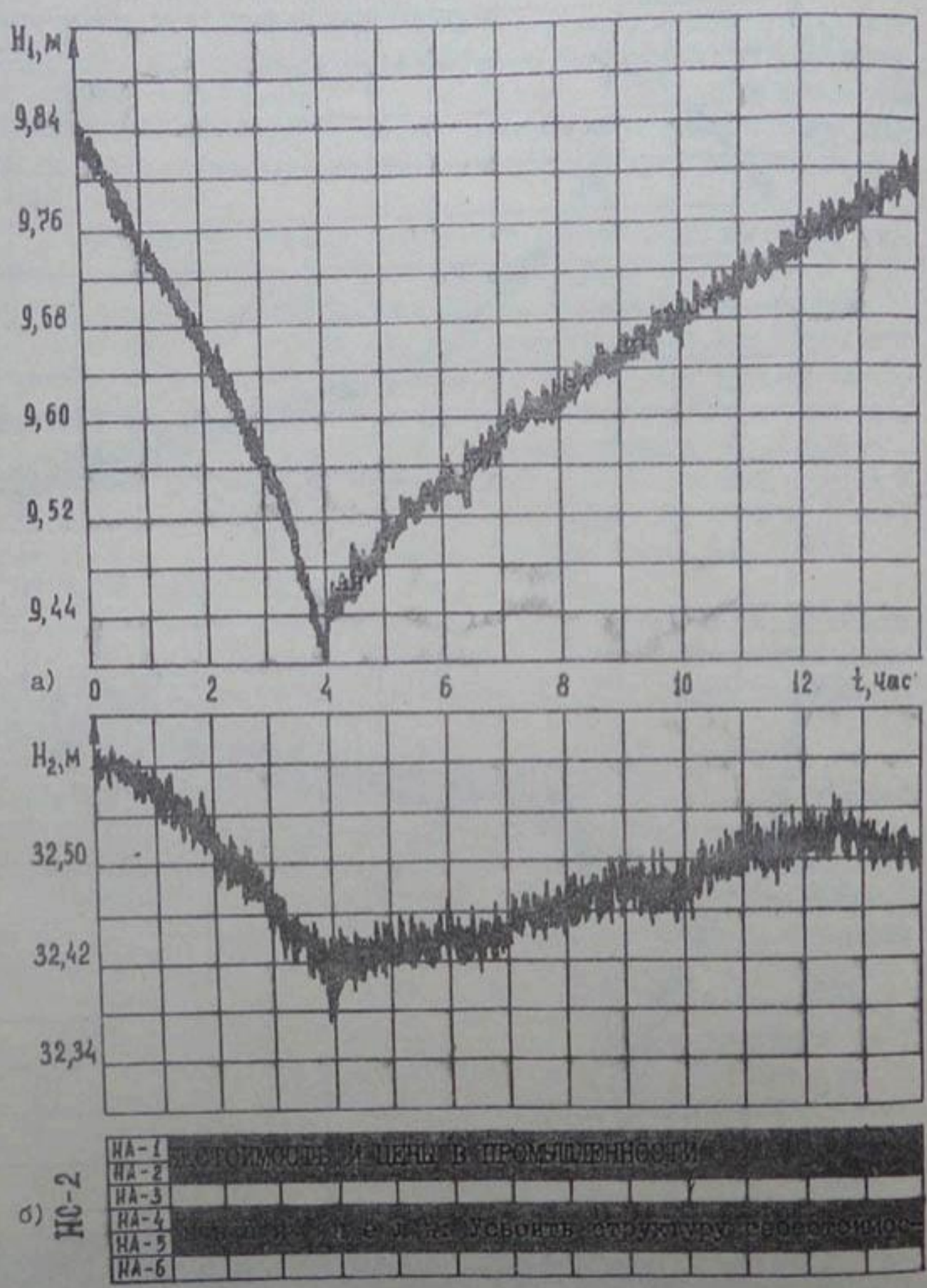


Рис. 3. Изменение режима работы НС-2 в первом эксперименте.

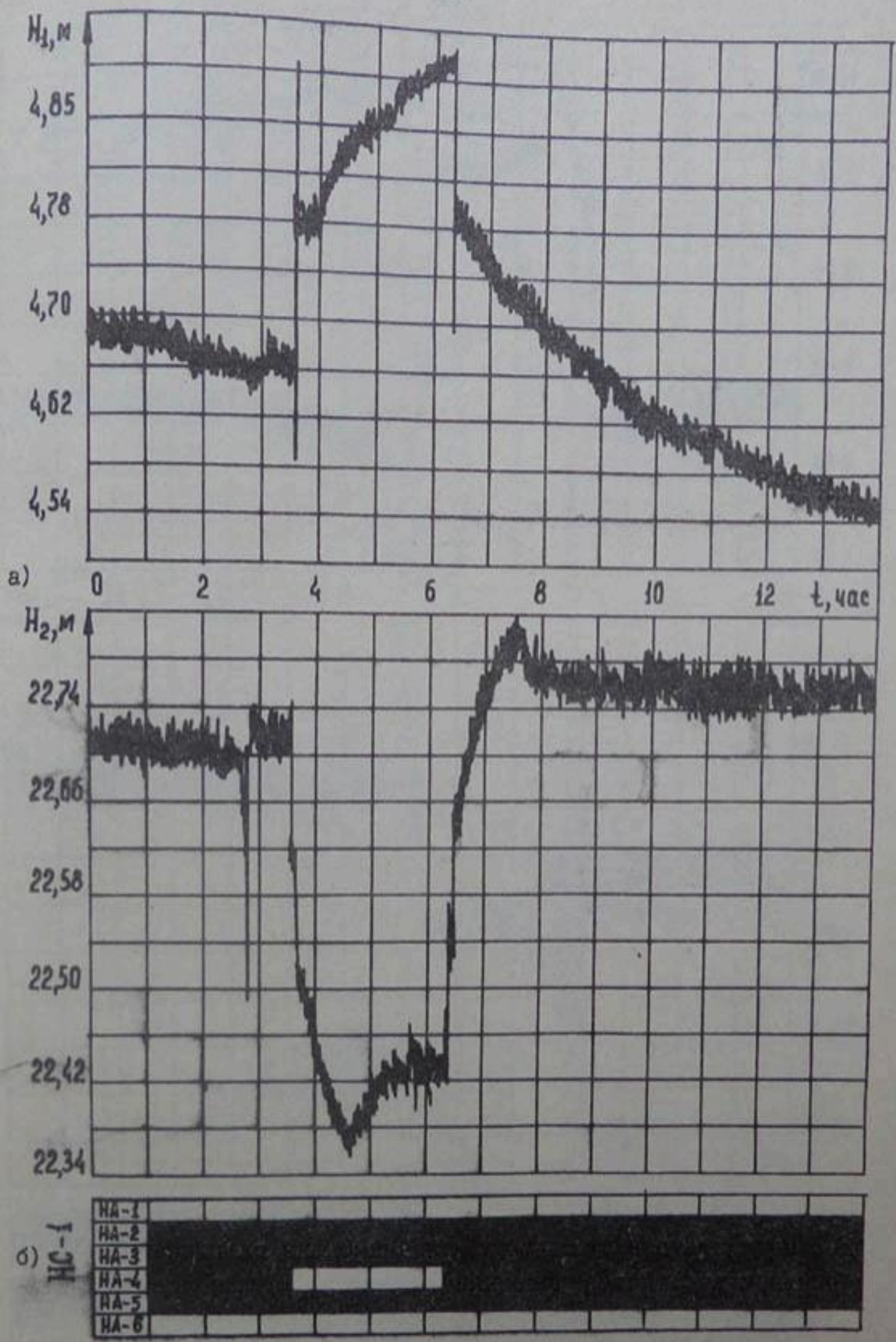


Рис. 4. Изменение режима работы НС-I во втором эксперименте.

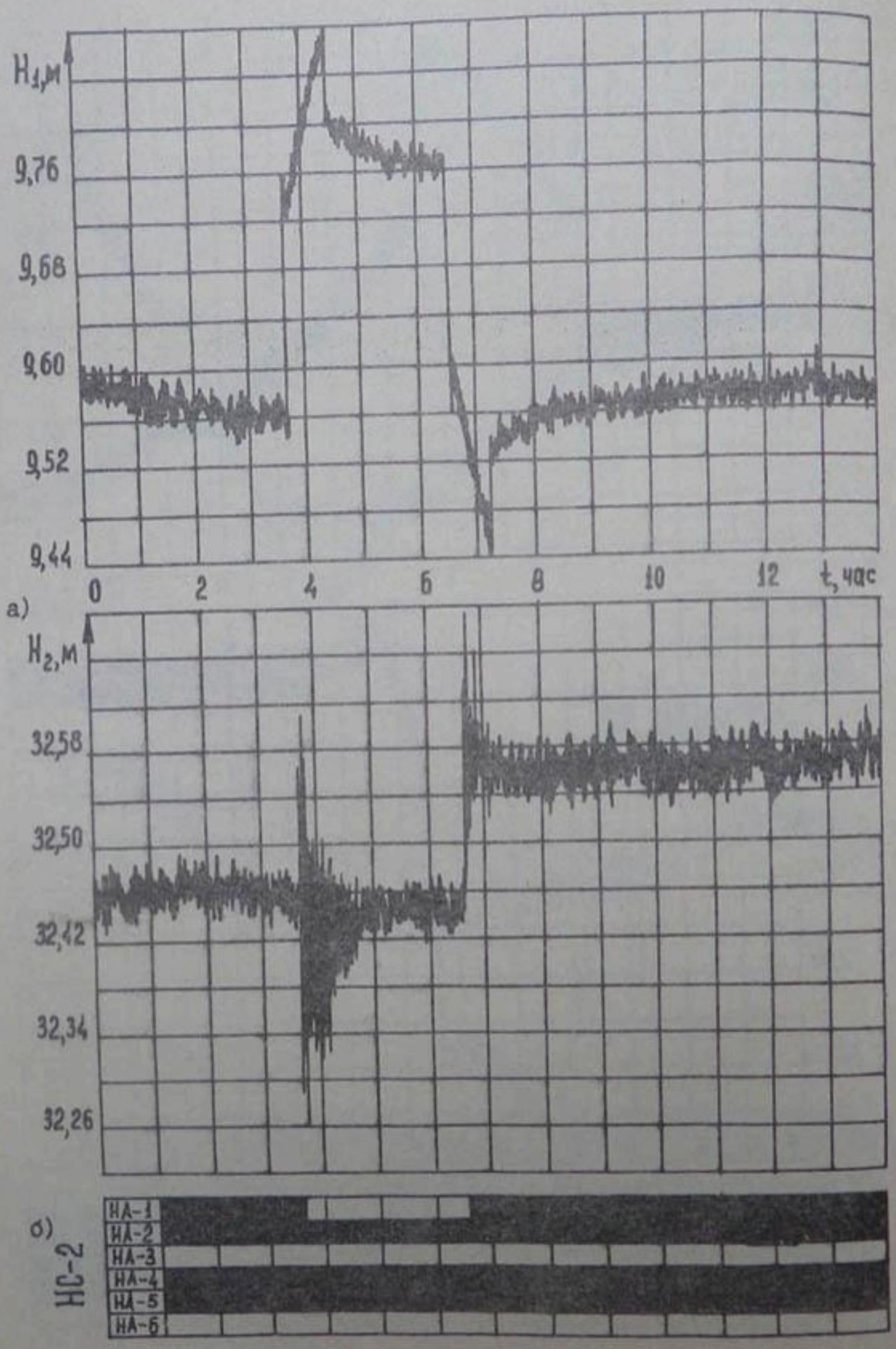


Рис. 5. Изменение режима работы НС-2 во втором эксперименте.

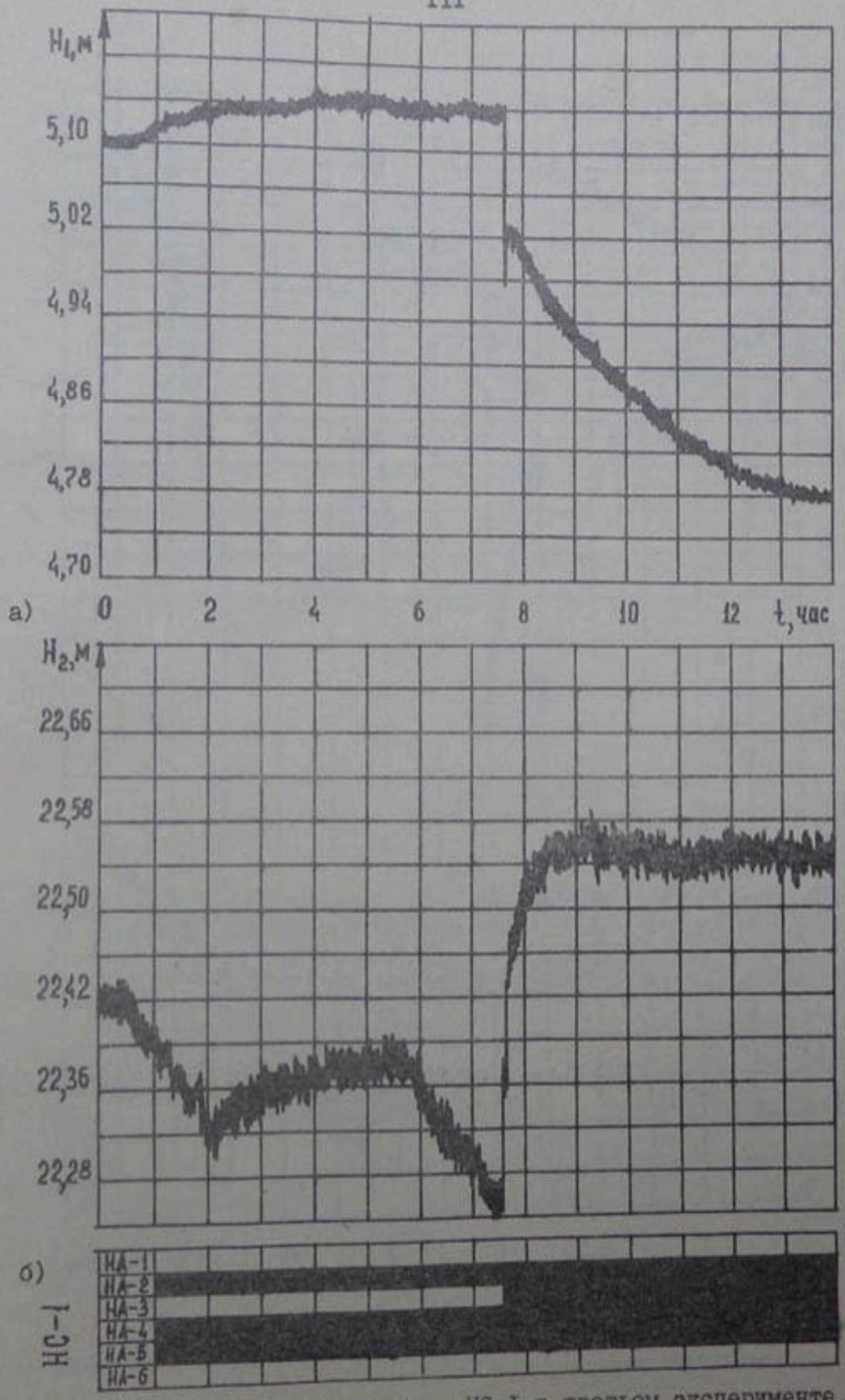


Рис. 6. Изменение режима работы НС-I в третьем эксперименте.

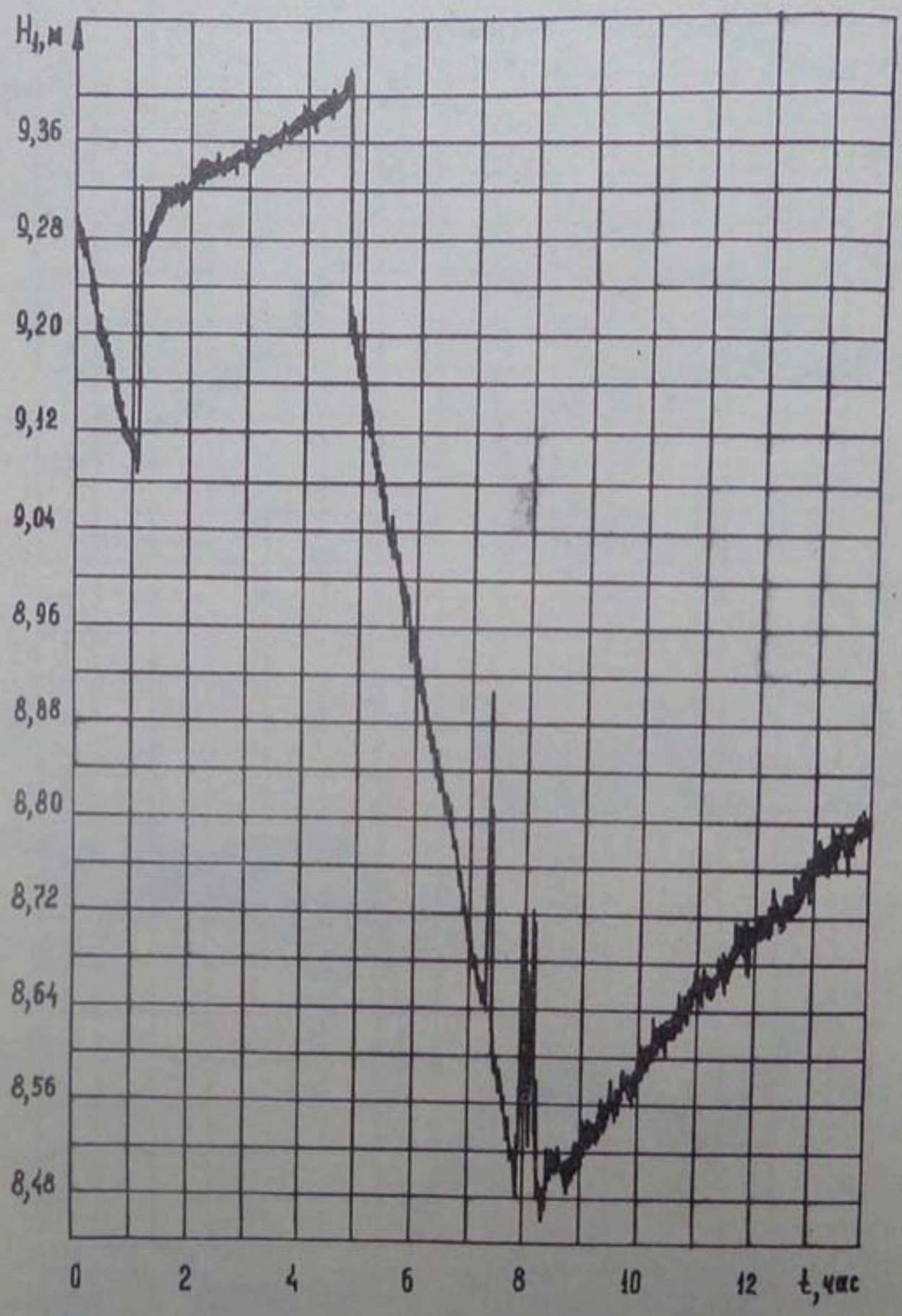


Рис. 7. Изменение уровня воды нижнего бьефа НС-2 в третьем эксперименте.

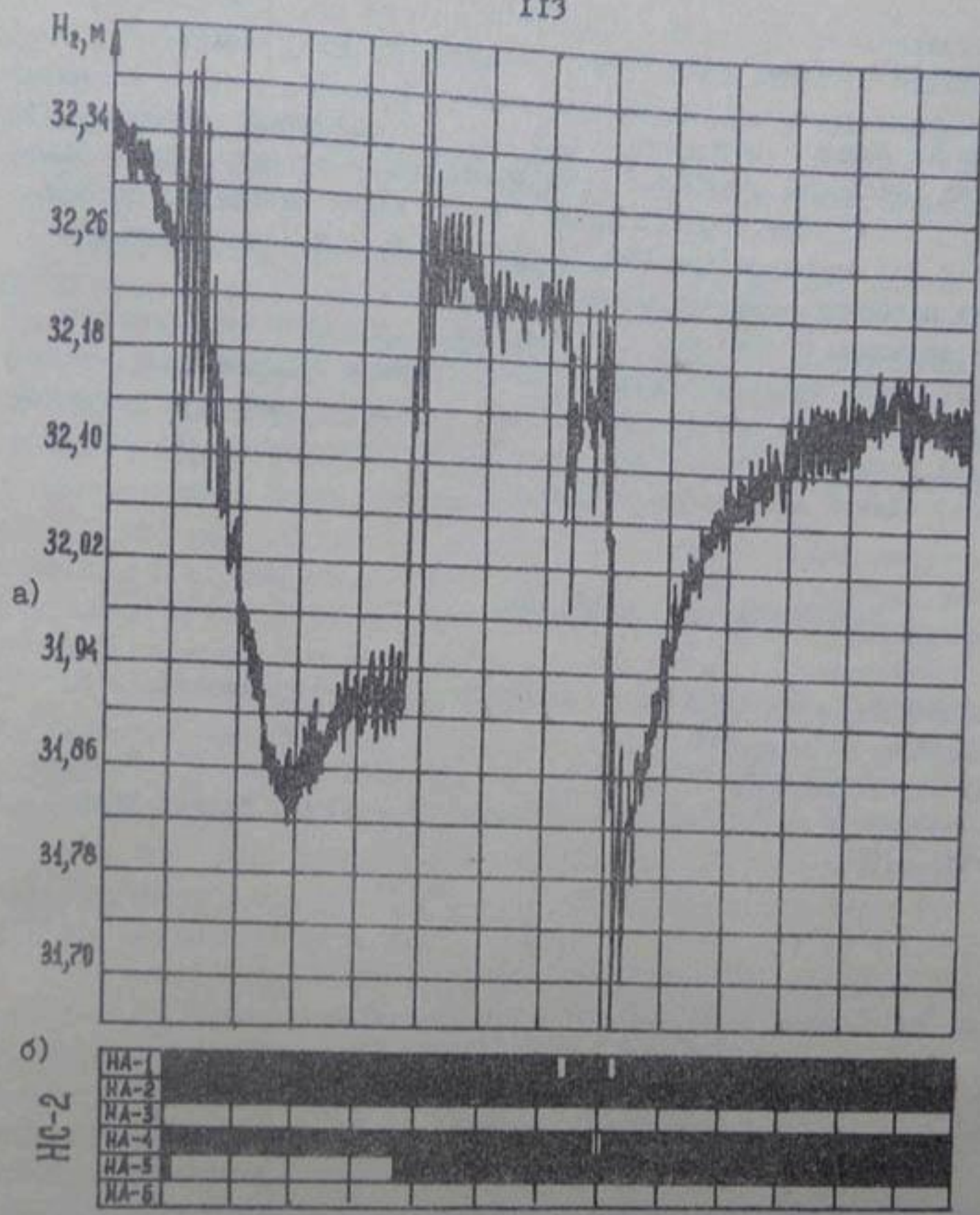


Рис. 8. Изменение режима работы НС-2 в третьем эксперименте.

40 и 48, 40 и 24 см, в третьем эксперименте - на 36 и 40, 92 и 68 см.

Из последнего эксперимента видно, что кавитация насосных агрегатов на насосной станции № 2 начинается при уровне нижнего бьефа ($H_2^н$) 8,64 и ниже. Нижний предел наступления кавитации особенно важен при эксплуатации КМК, когда работают 3-4 насосных агрегата на насосных станциях каскада.

Результаты полученных натурных экспериментальных исследований могут быть использованы для идентификации существующих математических моделей объекта управления - участка канала с каскадом насосных станций, а также для разработки рекомендаций по управлению водоподачей в машинном канале.

Использованная литература

I. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. - М.: Энергия, I966. - 364 с.
2. Насосы осевые типа "О", "ОП" и центробежные типа "В". Каталог-справочник - М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ (Уральский филиал ВНИИгидромаша), I970.

М.А.Пинхасов, канд.экон.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)
Р.А.Очилов, канд.техн.наук
(Управление эксплуатации Каршинского магистрального канала)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА КОМПЛЕКСЕ КАРШИНСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

Эксплуатационные водохозяйственные организации системы Минводхоза СССР в настоящее время находятся на сметно-бюджетном финансировании, т.е. покрывают свои расходы в основном за счет средств государственного бюджета, не имея ни прибыли, ни накоплений и, соответственно, фондов экономического стимулирования.

До недавнего времени в этих организациях не приводились в действие стимулирующие факторы управления экономикой. Сэкономленные в течение календарного года средства на осуществление эксплуатационных работ при 100 %-ном выполнении плановых заданий в конце календарного года изымались в пользу государственного бюджета.

Вышестоящей организацией изымалась и сумма сэкономленного фонда зарплаты, которая передавалась организациям, допустившим его перерасход. В практике эксплуатационной водохозяйственной организации не стимулировались показатели снижения себестоимости подачи оросительной воды, а также другие факторы, позволяющие повысить эффективность производства, включая ресурсосбережение и прогрессивные формы организации труда.

Таким образом, в этих организациях господствовал затратный принцип, т.е. чем больше расходовались средства, ресурсы, тем считалось лучше. И планирование эксплуатационных затрат на предстоящий плановый год базировалось в основном от достигнутого.

В приведенных условиях работало и Управление эксплуатации Каршинского магистрального канала с каскадом насосных станций (УЭКМК и НС). В состав комплекса Каршинского магистрального канала (КМК) входят: собственно канал протяженностью 77 км, 6 общетипных насосных станций общей мощностью 450 тыс.кВт (обеспечивают подачу воды до 200 $м^3$/с для зон орошения на общую высоту 132 м), Талимарджанское водохранилище полезной емкостью 1,5млрд.$м^3$ с насосной станцией закачки мощностью 45 тыс.кВт и ряд других сооружений. Комплексом обеспечивается водозабор более 5 $км^3$ для орошения свыше 300 тыс.га земель хлопкового комплекса.

В общем виде динамику работы комплекса КМК за последнюю пятилетку (1984-1988 гг.) можно проиллюстрировать следующими технико-экономическими показателями (табл.1).

Таким образом, в среднем из р.Амударьи комплексом КМК осуществляется водозабор более 5 млрд.$м^3$, а доводится до точек водовыделов 4,7 млрд.$м^3$. Среднегодовая стоимость основных производственных фондов комплекса в 1988 году достигла 373,2 млн.руб., полные среднегодовые издержки составили 51 млн.руб.

Среднегодовая себестоимость 1 $м^3$ водоподачи определилась за пятилетку в 1,085 коп., из которых 0,488 коп., или 45,2 %, приходятся на энергетическую составляющую. Тем не менее такие технико-экономические показатели работы комплекса КМК не позволяют изыскать резервы, способствующие повышению эффективности производимых затрат.

Таблица I

Технико-экономические показатели работы комплекса КМК за период 1984–1988 гг.

Показатель	Ед. изм.	Годы					В среднем за 1984–1988 гг.
		1984	1985	1986	1987	1988	
Водозабор из Амударьи	млрд. $м^3$	5,31	5,15	4,73	5,35	5,15	5,14
Водоподача в точках водовыделов	-"-	4,75	4,88	4,47	4,52	4,86	4,7
Основные производственные фонды	млн. руб.	350,9	355,3	364,7	371,5	373,2	363,1
Полные годовые эксплуатационные затраты	-"-	48,73	51,12	49,65	53,40	52,24	51,03
в том числе энергетическая составляющая	-"-	23,61	22,48	20,15	24,80	23,60	22,93
Удельные затраты на 1 $м^3$ водоподачи в точках водовыделов - себестоимость 1 $м^3$	коп/$м^3$	1,025	1,047	1,110	1,181	1,075	1,085
в том числе энергетическая составляющая	-"-	0,497	0,460	0,451	0,549	0,486	0,488

Вместе с тем на КМК не планировались и не учитывались затраты по отдельным производственным звеньям в соответствии с функциональными признаками, не устанавливалась дифференцированная себестоимость единицы водоподачи в точках водовыделов, что не создавало условий для аналитического анализа эксплуатационных затрат, выявления скрытых резервов снижения себестоимости единицы водоподачи и, соответственно, сокращения удельных затрат энергетической составляющей.

Для аналитического учета и планирования эксплуатационных затрат, внедрения внутрисистемного хозрасчета на комплексе КМК с целью выявления резервов производства, ответственности отдельных производственных звеньев за результаты работы собственных и смежных участков и повышения эффективности производства необходимо следующее:

1. Прежде всего пересмотреть существующую структуру комплек-

са КМК с целью ее совершенствования и применения при внутрисистемных хозрасчетных взаимоотношениях. При этом внутрисистемные деления и взаимоотношения должны вытекать из технологической цепочки работы комплекса КМК.

Структурно УЭКМК и НС делятся на:

административно-управленческий аппарат;

вспомогательные службы;

магистральный канал (без насосных станций) с водозабором и обводным каналом;

Талимарджанское водохранилище с насосной станцией его закачки (НС - №7);

каскад насосных станций (НС № I - НС № 6);

зональные насосные станции на рабочей части КМК, эксплуатируемые УЭКМК и НС.

В свою очередь, структурные составляющие КМК подразделяются на собственные, соответствующие функциональным задачам, выполняемым этими подразделениями, и общесистемные.

2. Перераспределить основные производственные фонды в соответствии со структурой комплекса КМК.

3. Произвести планирование и учет эксплуатационных затрат также в соответствии со структурой комплекса.

Себестоимость водоподачи будет определяться с учетом прямых и косвенных затрат на единицу водоподачи в точках водовыделов. В качестве косвенных затрат в системе КМК выступают затраты АУП, вспомогательной службы, магистрального канала, Талимарджанского водохранилища с закачивающей насосной станцией. Это общесистемные затраты; они соотносятся с объемом водоподачи в точках водовыделов пропорционально от общего итога водоподачи.

При формировании категории себестоимости поданной воды (в условиях сметно-бюджетного финансирования - учитываемых затрат) следует привлечь всю технологическую цепочку, т.е. в себестоимости отдельного звена необходимо учитывать не только прямые и косвенные затраты данного звена, но и предыдущего.

К прямым следует отнести затраты собственно производственных объектов, а именно насосных станций, гидротехнической службы (вдоль по магистральному каналу).

Поэлементно прямые затраты состоят из зарплаты эксплуатационного персонала; затрат, связанных с текущим ремонтом, аморти-

зацией основных производственных фондов (а в условиях сметно-бюджетного финансирования – затрат на проведение капитальных ремонтов); затрат на электроэнергию, материалы, ГСМ, вневедомственную охрану и прочих.

Проиллюстрируем формирование себестоимости единицы воды на разных точках водовыделов (табл.2).

Таблица 2

Себестоимость I м^3 воды на отдельных участках КМК (на примере I986 г.)

Показатель	Ед. изм.	НС-I	НС-2	НС-3	НС-4	НС-5	НС-6	Зональные насосные станции	Система КМК
Объем водоподъема	млн. м^3	4735	4630	45I5	4470	3282	3257	I55	–
Забор воды в точках водовыделов	–"–								4473
В том числе:									
в Туркмению	–"–	–	I66	–	–	–	–	–	
Ульяновский к-л (после НС-4)	–"–	–	–	–	II76	–	–	–	
То же, после НС-6	–"–	–	–	–	–	–	264	–	
рабочая часть	–"–	–	–	–	–	–	2755	–	
прочие потребители	–"–	–	–	–	–	–	II2	–	
Общесистемные затраты	тыс. руб.	–	–	–	–	–	–	–	I9925
Прямые затраты	–"–	4667	5308	5394	5225	4234	4I82	7I7	29727
Удельные общесистемные расходы	коп/м^3	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	–	–
Удельные прямые затраты	–"–	0,098	0,II5	0,II9	0,II7	0,I29	0,I28	0,462	–
То же, в нарастающем итоге	–"–	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	–	–

Продолжение табл. 2

Показатель	Ед. изм.	НС-I	НС-2	НС-3	НС-4	НС-5	НС-6	Зональные насосные станции	Система КМК
Себестоимость подачи воды по водовыделам:									
-Туркмения	коп/м^3	-	0,658	-	-	-	-	-	-
-Ульяновский к-л (без отбора в ПК-90)	-"-	-	-	-	0,894	-	-	-	-
- То же ПК-90	-"-	-	-	-	-	-	I,I5I	-	-
- Рабочая часть	-"-	-	-	-	-	-	I,I5I	-	-
- Прочие потребители	-"-	-	-	-	-	-	I,I5I	-	-
- Зональные НС	-"-	-	-	-	-	-	-	I,6I3	-

Как видно из данных табл.2, себестоимость I м^3 воды в разных точках водовыделов составила от 0,658 до I,I5I коп/м^3.

Необходимо отметить, что себестоимость водоподачи на зональных насосных станциях, расположенных в зоне рабочей части КМК, составляет 2,764 коп/м^3 (с учетом себестоимости воды до НС-6 включительно); однако по собственно зональным станциям она составляет I,6I3 коп/м^3.

Заложенные принципы оценки затрат по отдельным звеньям и точкам водовыделов будут иметь принципиальное значение для хозрасчетных взаимоотношений между УЭКМК и оросительными системами, для технико-экономических оценок тех или иных мероприятий в самой системе КМК.

Таким образом, для внедрения прогрессивной формы организации труда (бригадного и коллективного подряда) на системе КМК, а также выявления резервов в снижении материальных, энергетических, трудовых и финансовых ресурсов необходимо осуществить планирование и учет по отдельным производственным звеньям. Это позволит определить вклад каждого звена, наличие резерва.

Предлагаемая методика расчетных значений себестоимости водоподачи создает объективные условия для анализа и планирования затрат в целом по системе и отдельно по каждому производственному звену.

Так как эксплуатация системы КМК связана с большими текущими затратами, достигающими при полном учете их более 50 млн.руб., то решительно необходимо поощрить контингент КМК не только за традиционные показатели (прирост сельскохозяйственной продукции, подготовленность системы к поливным работам или экономия электроэнергии), но и за снижение плановых затрат (себестоимости) воды, экономию материальных ресурсов.

Непременным условием для функционирования поощрительных стимулов эффективной работы КМК является неизымание в конце бюджетного года неизрасходованных средств, являющихся плодом усилия производственного коллектива КМК.

Наибольшую эффективность работы можно достичь с помощью внедрения на КМК коллективного подряда. В этом случае хорошую услугу окажет, с одной стороны, наличие аналитического учета и планирования, с другой - введение качественных показателей в эксплуатационной деятельности КМК - так называемого классификатора КТУ для персонала КМК, по которому устанавливается степень участия каждого члена коллектива в выполнении графика водоподачи, производстве ремонта, в снижении энергетических, материальных и прочих затрат и достижении тем самым повышения эффективности производства.

У.Б.Абуталиев, канд.техн.наук
И.А.Сорокина, канд.геол.-мин.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К МЕТОДИКЕ ОБРАБОТКИ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЭВМ

Обработка данных режимных наблюдений подземных вод для оценки мелиоративного состояния земель сводится к построению карт глубин залегания и минерализации грунтовых вод. При ручном построении карт изолиний используются известные способы интерполяции, например, метод треугольников, в котором положение изолинии заданной градации определяется по стороне треугольника решением пря-

мой пропорциональной зависимости. Выбор треугольника, а следовательно, и точность интерполяционной картины зависит от квалификации специалиста и не лишен субъективизма. Если учесть, что режимная сеть контроля подземных вод только в Узбекистане имеет более 13 тысяч скважин, а количество наблюдений на каждом из них составляет несколько десятков, становится ясно, что оперативная обработка такого объема информации без ЭВМ практически невозможна.

В работе предлагаются методика автоматизированной обработки данных режимных наблюдений подземных вод и связанные с ней способы идентификации и хранении информации, интерполяции данных режимных наблюдений по отдельным территориям или их группам и построения картографического материала на ЭВМ на базе стандартных устройств печати.

Вопросы автоматизированного построения на ЭВМ картографического материала по режимным наблюдениям подземных вод разрабатывались специалистами министерств геологии, гидрогеолого-мелиоративного направления - ВСЕГИНГЕО (автоматизированная информационная система государственного водного кадастра по подземным водам) / 1 /, КОМЭ Мингео КазССР / 2,3 /, ГИДРОИНГЕО Мингео УзССР / 4 /, САНИИРИ / 5,6 / и др. Алгоритмы построения карт всеми специалистами базируются на принципах интерполяции с использованием метода треугольников. В /5,6/ для построения карты рассматриваемая территория разбивается на регулярную сетку, по которой определяются координаты режимных скважин. Далее все скважины объединяются в систему треугольников, вершинами которых являются скважины. Система треугольников должна покрыть по возможности всю исследуемую площадь. На основании интерполяции информации, заданной в вершинах треугольника, определяют значения исследуемого параметра в узлах регулярной сетки.

Первичной информацией для построения картограмм являются геометрическое расположение точек наблюдений, административные , гидродинамические, литологические и т.п. границы, масштаб картографического материала и любые другие линейные либо точечные контуры, которые требуют учета при решении самой задачи либо при выдаче конечного результата. Эта информация может быть постоянной или условно постоянной. Условность зависит от появления новых или ликвидации существующих точек наблюдений, необходимости учета поверхностных водотоков (каналов, дрен) и скважин вертикального дренажа в зависимости от режима их работы и т.д. Другими словами,об-

ласть характеризуется координатами точек контроля $S(x_i, y_i)$ $(i=\overline{1,N})$ и границ $G(x_j, y_j)$ $(j=\overline{1,M})$.

Основой для нахождения искомого параметра в заданной области являются данные режимных наблюдений по точкам (скважинам, гидрометрическим постам и т.д.) по интересующим исследователя (потребителя) интервалам времени. В каждый заданный интервал времени изучаемый процесс считается стационарным либо условно стационарным.

Построение сеточной области и перенос на узловые точки данных о режимных скважинах и границах - кропотливый процесс, осуществляемый вручную. Он производится в следующей последовательности. На карту территории наносятся горизонтальные и вертикальные линии с равномерным шагом, пересечения которых и составляют узловые точки сеточной области. Через эти точки проводятся границы, а скважины переносятся к ближайшей узловой точке. Номер строки и столбца узловой точки является ее координатой в сеточной области. Оперативная информация, т.е. данные режимных наблюдений за определенный период времени, также привязывается к территории через координаты в сеточной области. Следует отметить, что при изменении шага сетки работу по построению сеточной области следует провести заново. Кроме того, две соседние территории невозможно объединить, если их сеточные области подготовлены независимо.

Для значительного сокращения ручного труда предлагается автоматическое построение сеточной области. Для этого на карте выбирается точка начала координат, относительно которой определяются координаты особых точек (скважин или границ). Координаты - это замеренное на карте расстояние до осей координат. Границы заменяются ломаной линией, а в качестве координат задаются точки излома. Замеряются также ширина и длина карты. Вся остальная работа по построению сеточной области производится автоматически. Задав требуемый шаг сетки, за считанные секунды можно получить сеточную область с любой достаточной точностью.

Для привязки данных режимных наблюдений к скважинам используются уникальные обозначения, например C00I, C002 и т.д. Для идентификации скважин можно использовать специальную систему кодирования, например системно-порядковую. В этом случае по коду скважины можно определить ее принадлежность области, району, территории и т.д. Следовательно, коды скважин будут уникальными

и неповторяемыми для разных территорий, что обеспечивает возможность одновременной обработки информации по нескольким территориям в отдельности и совместную интегрированную обработку. В последнем случае начало координат одной территории выбирается за основу, а для других необходимо указать отклонение координат начальной точки присоединяемой территории от основной. Предлагаемый метод позволяет создать единую базу данных режимных наблюдений, вести обработку в автоматизированном режиме данных по любой территории и создать постоянно действующую модель режимных наблюдений. В последующем, используя накопленную в базе данных информацию, можно оценить мелиоративное состояние земель по любой территории в динамике за требуемый промежуток времени. Другими словами, предлагается решение отдельных локальных задач свести к единой во времени и пространстве интегрированной системе обработки режимных наблюдений.

После построения сеточной области производится интерполяция данных режимных наблюдений. Для этого в сеточной области строится выпуклый многоугольник, вершинами которого являются особые точки (наблюдательные скважины, точки на гидродинамических границах и т.д.) Часть точек может оказаться внутри этого многоугольника. Эти точки являются внутренними граничными точками. Интерполяция значений наблюдений на всю сеточную область внутри многоугольника сводится к решению первой краевой задачи с внутренними и внешними граничными условиями первого рода. Предлагаемый метод может быть использован для интерполяции в двумерной области любых данных: уровня или минерализации грунтовых вод, засоленности почвогрунтов, мощности горизонта, коэффициентов фильтрации и т.д.

Точность значений вычисляемых параметров будет зависить от исходной точности информации. В частности, уменьшение шага сетки обеспечивает более точный учет геометрии расположения граничных точек. Значения, определенные в узлах сетки, можно выдать на печать в табличном виде и в виде карт. При печати картографической информации на АЦПУ значения заменяются символами +, ж, х, ж, о, Ц и другими, соответствующими заранее заданным величинам.

При печати нередко возникают проблемы, связанные с тем, что выходной документ не укладывается в размеры стандартного листа

печатающего устройства как по высоте, так и по ширине. Речь идет не только о складной бумаге. Даже при печати на рулонной бумаге часто требуется выдавать результирующий документ в виде страниц с верхними и нижними полями, линией отреза. В отдельных случаях ширина документа превышает длину строки АЦПУ.

Поставленные проблемы вполне разрешимы стандартными средствами языков программирования. Однако изменения, обеспечивающие постраничную печать, могут в несколько раз превысить объем и сложность исходной программы печати. Кроме того, блоки для фрагментации выходного документа требуется добавлять к каждой программе печати.

Другим универсальным способом является использование разработанной авторами специальной программы. Эта программа выделяет из выходных данных программы пользователя фрагменты-полосы, ширина которых имеет допустимые для конкретного АЦПУ размеры. Каждая полоса выдается в виде страниц с верхними и нижними полями и линией отреза между страницами. После завершения печати очередной полосы печатается следующая и т.д. до конца всей выходной информации по ширине. Каждая страница имеет номер ("лист I", "лист 2" ...), а страницы не первой полосы также и номер фрагмента в виде "лист I продолжение I" или "лист 5 продолжение 2".

Список использованной литературы

I. Куренной В.В., Седов Н.В. и др. Государственный водный кадастр и автоматизированные системы в гидрогеологии и инженерной геологии// Разработка и создание АСУ-Геология/ВИЭМС. - 1983. Вып.6(46). - 53 с.
2. Иванов О.В. АСУ-Казгеология. Автоматизированные системы АСУ-Казгеология. Автоматизированные системы обработки геолого-разведочной информации// Разработка и создание АСУ-Геология/ ВИЭМС. - 1982. - Вып. 8(40). - 85 с.
3. Веселов В.В., Фомина Т.Д., Мирлас В.М. Автоматизированная система обработки гидрогеологических данных для оценки эксплуатационных запасов месторождений пресных подземных вод методом моделирования на ЭВМ// Разработка и создание АСУ-Геология/ ВИЭМС. - 1984. - Вып.2(51). - 102 с.

4. Хабибуллаев И., Грачева И.Н. Построение гидрогеологических карт на ЭВМ// Узбекский гидрогеологический журнал. - 1983. - № 3. - С.43-44.
5. Расулева О.А., Умаров А.А., Чиненкова Л.И. К вопросу об автоматизированной оценке мелиоративного состояния земель// Сб. науч.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1986. - С.85-94.
6. Расулева О.А., Чиненкова Л.И., Умаров А.А. Комплекс программ для обработки информации о параметрах мелиоративного состояния земель// Мелиорация и водное хозяйство. Сер.8. Автоматизация и телемеханизация гидромелиоративных систем: Экспресс - информация/ ЦБНТИ ММиВХ СССР. - М., 1987. - Вып.5. - С.6-13.

С.И.Кеберле, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИАРАЛЬЯ

Аральское море будет продолжать усыхать до тех пор, пока не будут уменьшены площади посевов риса и хлопка, не будет введен повсеместно севооборот (который позволит уменьшить применение вредных химических веществ и увеличить урожайность), пока не перейдут на автоматизированное водораспределение, не устроят оросительных систем для сбережения поливной и дренажной воды, не перейдут полностью на передовую технологию обработки семян, выращивания сельскохозяйственных культур (с различными стимуляторами роста, основанными на физических, химических и биологических явлениях без применения механизмов, уплотняющих землю), а также уборки, хранения и переработки урожая.

Учитывая большой прирост населения в республиках Средней Азии и всевозрастающий дефицит воды, необходимо вывести сорт хлопчатника, потребляющего меньшее количество воды, а также разработать новую технологию выращивания риса с устранением фильтрации и уменьшением испарения.

Решение поставленных задач - дело не одного дня. Поэтому,

рассчитывая пока на имеющуюся санитарную норму поступления малосоленой воды в количестве 3 км^3 и дренажной воды по левому берегу 2 км^3, по правому 3 км^3, необходимо, в первую очередь, обеспечить малосоленой (паводковой) водой население Приаралья, прудовые рыбные хозяйства, животноводство и существующие орошаемые земли. При этом устранить гибель тугайных зарослей и опустынивание земель, приостановив врезку Амударьи в свое русло, и поднять уровень грунтовых вод, а соленую воду сбрасывать в мелководные водоперехватывающие водохранилища для выращивания камыша, затем в следующий ряд аналогичных водоперехватывающих водохранилищ и в море. Широкая полоса (30-50 км) камыша по всей длине осушенной южной части Аральского моря устранит солеперенос.

В южной части Приаралья, согласно предложениям Узгипроводхоза, необходимо:

- достроить дамбы водохранилища "Междуречье" до отметки 60,00 м;
- увеличить пропускную способность четырех водовыпусков его до 100 м^3/с в канал Маринкузяк, 80 м^3/с - в "Главмясо" 50 м^3/с - Тыкузяк и до 100 м^3/с - Караджар, увеличив пропускную способность их отводящих каналов;
- восстановить дамбы Акдарьи до ▽ 60,00 м от пос.Заир до пос.Порлетау и построить перегораживающее сооружение на Акдарье у Порлетау с отметкой гребня 60,00 м и катастрофическим боковым водосбросом на 3800 м^3/с;
- построить водовыпуск на 100 м^3/с у пос.Заир для наполнения водохранилища "Междуречье";
- построить водовыпуски в каналы Лепроузяк на 100 м^3/с и Ворошилова на 100 м^3/с.

По нашему мнению, необходимо предусмотреть меры по ограничению размыва нижнего бьефа бокового катастрофического водосброса перегораживающего сооружения у пос. Порлетау и обеспечить качественное производство работ по устройству этого водосброса, а насыпанную в прорыве дамбу довести до полного профиля, устроив дренаж из 2-3-х полиэтиленовых труб α = 200 мм, обернутых войлоком из нитронного волокна, и усилить крепление напорного откоса. Построенные вблизи г.Муйнака два водоема - Муйнакский и Рыбацкий заливы, наполняемые водой из водохранилища "Междуречье", необходимо обеспечить проточностью.

Кроме того, САНИИРИ (лаб.вод-щ) предлагает построить на осушенном дне моря поперек всей дельты Амударьи водоперехватывающие дамбы суммарной длиной 214 км, высотой H = 5,5 м (с ▽ 44,00 м до ▽ 49,50 м, ▽ НПУ 47,00 и ▽ КПУ 48,00) с рядом разделительных дамб, образующих 12 мелководных водохранилищ, оборудованных трубчатыми незатопленными водовыпусками и автоматическими водосбросами в виде сифонных автоматов и переливных участков дамб в сторону моря и затопленными трубчатыми водовыпусками в сторону соседних водохранилищ.

Водоперехватывающие дамбы должны быть с пологими откосами ($m_б$ = 10, $m_н$ = 6) и рассчитаны на зарастание местным кустарником и камышом при поливе откосов поливомоечной машиной в первые два года. Разделительные дамбы устраиваются с переменной высотой H=2,5 - 5,5 м для перелива воды в соседнее водохранилище. Гребень дамб (B=6,0 м) покрыт песчаным асфальтом.

Возводятся дамбы бульдозерами из рядом расположенного с напорной стороны карьера-канала глубиной 3 м и шириной около 50 м из расчета равенства площадей поперечного сечения дамбы и канала. В этих каналах при малосоленой воде рыба сможет перезимовать.

Дамбы в местах устройства водопропускных сооружений устраиваются с более крутыми откосами (m = 2-3). Трубчатые водовыпуски делаются из металлических труб диаметром 1420 мм, омоноличенных песчаным асфальтобетоном с типовыми затворами; водослив и водобойный колодец - из песчаного армобетона. Автоматически действующие сифонные водосбросы устраиваются из таких же металлических труб с омоноличиванием песчаным асфальтобетоном; слив и водобойный колодец делаются аналогично из песчаного армобетона; переливные участки дамб устраиваются с заложением откосов m = 2, покрытых песчаным асфальтобетоном δ = 20 см, а водобойный колодец устраивается из песчаного армобетона. Во всех сооружениях выходные скорости не превышают $V \leq$ 0,6 м/с.

Асфальтобетоном защищаются и переходные участки к полному профилю дамб (рис.1; рис.2). Рекомендуется несоленой водой наполнять в первую очередь Междуреченское водохранилище, Муйнакский залив и Рыбацкий залив, озеро Судочье и затем ближайшие водоперехватывающие водохранилища для выращивания камыша на корм скоту и разведения рыбы. Соленую дренажную воду, содержа-

Рис.I. Схема расположения водоперехватывающих водохранилищ

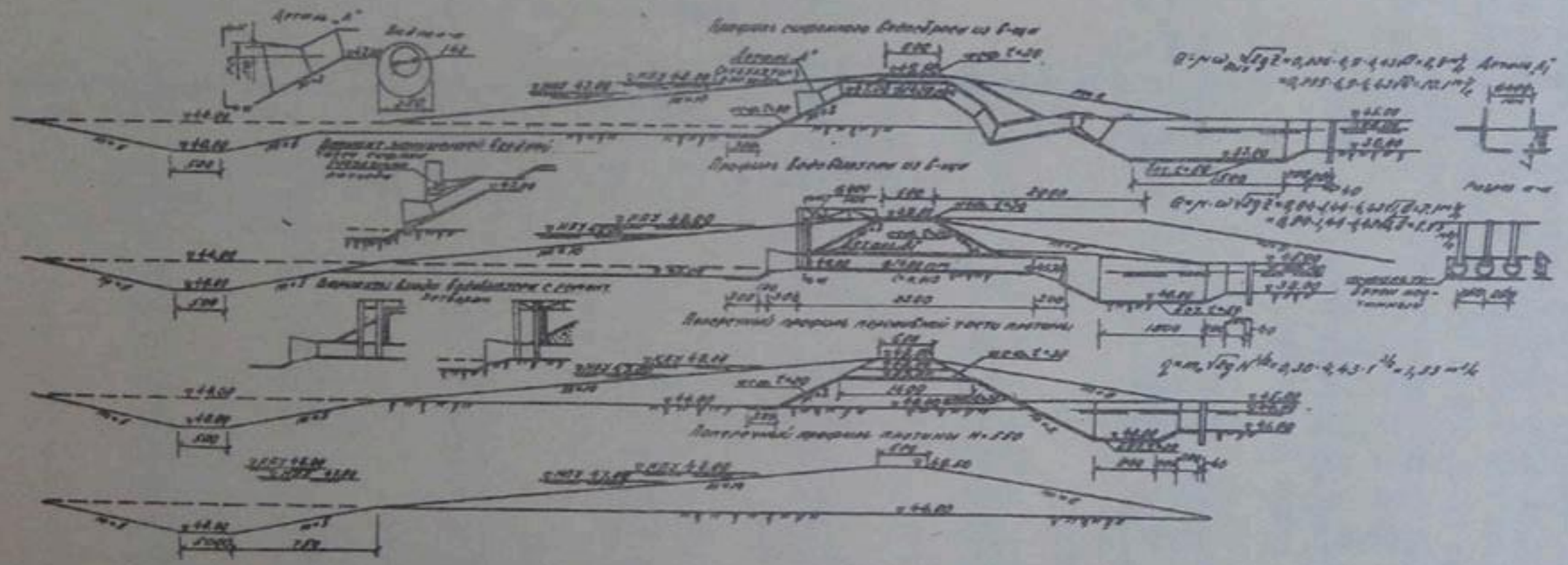


Рис.2. Поперечные профили дамбы и водопропускных сооружений.

щую пестициды и гербициды, из главного Кунградского коллектора, направлять в обход озера Судочье в водоперехватывающие водохранилища залива Аджибай для выращивания строительного камыша. Воду из коллекторов КС-3, КС-4, КС-5 и Акчадарьинского направлять в дальние водоперехватывающие водохранилища.

Таблица I

Основные данные по водохранилищам первого ряда в южном Приаралье

Номер в-ща	Емкость в-ща при НПУ, млн.м³	Емкость в-ща при КПУ, млн.м³	Длина подп. дамбы, км	Длина раздел. дамбы, км	П / Q вод. пр. м³/с	В / Q пов. водосб. м³/с	П / Q сум. водосб. м³/с	П / Q подв. пр. м³/с
I	450	800	I4	33	I0 / 70	50 / 65	5 / 50	2 / 30
2	300	500	8	8	I0 / 70	50 / 65	5 / 50	2 / 30
3	I00	I80	I7	4	I0 / 70	50 / 65	5 / 50	4 / 60
4	75	I30	I5	6	I5 / I05	I50 / 200	I0 / I00	4 / 60
5	90	I60	4	8	I5 / I05	I50 / 200	I5 / I50	4 / 60
6	80	I40	22	2	I5 / I05	I50 / 200	I5 / I50	4 / 60
7	40	70	6	3	I5 / I05	I50 / 200	I5 / I50	4 / 60
8	I30	230	23	7	I5 / I05	I50 / 200	I5 / I50	4 / 60
9	500	900	27	20	I0 / 70	50 / 65	I0 / I00	4 / 60
I0	500	900	26	I2	I0 / 70	50 / 65	I0 / I00	4 / 60
II	300	550	26	7	I0 / 70	50 / 65	I0 / I00	4 / 60
I2	I80	330	27	3	I0 / 70	50 / 65	I0 / I00	—
	2745	4890	2I4	II3	I45 / I0I5	II00 / I455	I25 / I250	36 / 600

Таблица 2

Ориентировочная стоимость работ по устройству водохранилищ первого ряда в южном Приаралье, тыс.руб.

Номер в-ща	Земляные работы по подпорным. дамбам	Земляные работы по раздел. дамбам	Дорожные покрытия подпорных дамб	Дорожные покрытия разделит. дамб	Водовып. под подпорными дамбами	Водовып. под разд. дамбами	Поверхностные водосбросы	Сифонные водосбросы	Суммарная стоимость водохранилища
I	785	587	672	I320	I73,24	29,9	8I,II	52,79	370I,04
2	450	I43	384	320	I73,24	29,9	8I,II	52,79	I634,04
3	950	7I	8I5	I60	I73,24	29,9	8I,II	I05,58	2385,83
4	840	I05	720	240	260,0	89,5	I62,29	I05,58	2522,37
5	224	I43	I92	320	260,0	89,5	244,0	I05,58	I578,08
6	I230	35	I056	80	260,0	89,5	244,0	I05,58	3I00,08
7	336	54	288	I20	260,0	89,5	244,0	I05,58	I497,08
8	I285	I25	II04	280	260,0	89,5	244,0	I05,58	3493,08
9	I5I0	356	I295	800	I73,24	29,9	I62,29	I05,58	4432,0I
I0	I450	2I4	I250	480	I73,24	29,9	I62,29	I05,58	3865,0I
II	I450	I25	I250	280	I73,24	29,9	I62,29	I05,58	3576,0I
I2	I5I0	54	I295	I20	I73,24	29,9	I62,29		3444,43
	I2020	20I2	I032I	4520	25I2,68	656,8	2030,78	I055,8	35I29,06

Использованная литература

1. Разаков Р.М. Проблема Арала и природоохранные мероприятия. Ташкент, 1986.
2. Польдерный щит Арала. - Сельское хозяйство Узбекистана.- № 12. - 1985 (1986).

Ш.Х.Рахимов, докт.техн.наук
И.Бегимов, канд.техн.наук
А.Д.Ходжаниязов
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРОЕКЦИИ ГРАДИЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ

Интенсивное развитие современной науки и техники и расширяющаяся возможности ЭВМ позволяют эффективно использовать их при решении задач оптимального управления объектами водного хозяйства.

В статье [1] описана математическая постановка задачи оптимального управления оросительными каналами как неоднородными объектами с распределенными параметрами. На основе теории оптимального управления системами с распределенными параметрами получены необходимые условия оптимальности при ограничении на управлениях. Условия оптимальности получены в свою очередь при управлениях внутри области ограничений из условия равенства нулю вариации градиентов функционала качества, а при достижении управлений своих верхних (нижних) границ - из условия неположительности (неотрицательности) соответствующих градиентов.

Задача оптимального управления водораспределением на оросительном канале сформулирована следующим образом. На конечном отрезке времени $[0,T]$ требуется найти такие управления $u_i(t)$, $u_i^e(t)$, $i = 1,2$, которые минимизируют критерий оптимальности водораспределения. В качестве критерия оптимальности рассматри-

вается линейная комбинация квадратичных интегральных отклонений фактических расходов воды потребителей, протекающей через гидротехнические сооружения, от их плановых значений.

Цель данной статьи, которая является продолжением работы [1], — разработать численный алгоритм метода последовательного приближения для решения задачи оптимального управления оросительными каналами с помощью метода проекции градиента. Поиск решения, согласно этому методу, состоит из следующих шагов:

1. Задать начальные значения управления $u_i(t)$, $u_i^c(t)$.

2. Решив основную краевую задачу (1)-(4) из статьи [1], рассчитать значение критерия (6).

3. Решить сопряженную краевую задачу (11) - (17) из статьи [1].

4. Провести приближение управления по правилу

$$V_{im+1}(t) = P_{V_i}(V_{im}(t) + \Delta V_{im}(t)), \quad m = 0, 1 \ldots, \qquad (1)$$

где $P_{V_i}(V)$ — проекция элемента V на область ограничения управления $V_i(t)$; $\Delta V_{im}(t) = \varepsilon_{im} \frac{\partial \delta I}{\partial V_i}$ — приращение управлений $V_{im}(t)$;

$\varepsilon_{im} = const \geq 0$; $\frac{\partial \delta I}{\partial V_i}$ — частота, производная вариации градиента функционала по управлению $V_i(t)$.

5. Провести локальное улучшение управления $u_i(t)$, $u_i^c(t)$, минимизируя (6) из статьи [1] выбором ε_{im}

6. Проверить условие останова $|I_{m+1} - I_m| \leq \delta$ (δ_0 — положительная малая константа).

7. Если условие останова не выполнено, возвратиться к шагу 2.

Отметим, что проекцией элемента V на область ограничений управления V_i называется элемент $P_{V_i}(V)$, такой, который удален от V на минимальное расстояние по сравнению с другими управлениями.

Выражениями частных производных вариаций градиента $\frac{\partial \delta I}{\partial u_i}$, $\frac{\partial \delta I}{\partial u_i^c}$ (i = 1,2) по управлениям являются соответственно левые части равенств (7), (8), (9) и (10) из работы [1]

$$\frac{\partial \delta I}{\partial u_1} = \left(\frac{\lambda_1^1}{B_1} + \frac{2Q_1 \lambda_1^2}{\omega_1} \right)\Bigg|_{x_1=0} \frac{\partial g_1}{\partial u_1},$$

$$\frac{\partial \delta I}{\partial u_2} = -\left(\frac{\lambda_2^1}{B_2} + \frac{2Q_2 \lambda_2^2}{\omega_2} \right)\Bigg|_{x_2=l_2} \frac{\partial g_2}{\partial u_2},$$

$$\frac{\partial \delta I}{\partial u_1^c} = \frac{\partial G_c}{\partial u_1^c} - \left(\frac{\lambda_1^1}{B_1} + \frac{2Q_1 \lambda_1^2}{\omega_1} \right)\Bigg|_{x_1=l_1} \frac{\partial g_1^c}{\partial u_1^c},$$

$$\frac{\partial \delta I}{\partial u_2^c} = -\left(\frac{\lambda_1^1}{B_1} + \frac{2Q_1 \lambda_1^2}{\omega_1} \right)\Bigg|_{x_1=l_1} \frac{\partial g_1^c}{\partial u_2^c} +$$

$$+ \left(\frac{\lambda_2^1}{B_2} + \frac{2Q_2 \lambda_2^2}{\omega_2} \right)\Bigg|_{x_2=l_1} \frac{\partial g_2^c}{\partial u_2^c},$$

где $Q_i = Q_i(x_i, t)$ – расход воды i -го участка канала; $\omega_i = \omega_i(x_i, t)$ – площадь живого сечения; $B_i = B_i(x_i, t)$ – ширина потока воды по верху; $g_1 = g_1(z_1(0,t), u_1(t))$ – расход воды, протекающей через затворы первого гидротехнического сооружения; $g_2 = g_2(z_2(l_2, t), u_2(t))$ – расход воды, протекающей через затвор третьего гидротехнического сооружения; $g_1^c = g_1^c(z_1(l_1, t), z_2(l_2, t), u_2^c(t))$ – расход воды, протекающей через затворы II-го и IУ-го гидротехнических сооружений; $g_2^c = g_2^c(z_1(l_1, t), z_2(l_1, t), u_2^c(t))$ – расход воды, протекающей через затвор II-го гидротехнического сооружения; $\lambda_i^1(x_i, t), \lambda_i^2(x_i, t)$ – сопряженные переменные. Выражение этих функций приведены в статье [I].

Из изложенного выше видно, что для вычисления их численных значений необходимо решить краевую задачу (I) – (4) из статьи [I] для дифференциальных уравнений в частных производных для основных переменных $Q_i = (x_i, t)$, $z_i(x_i, t)$, а также краевую задачу (II) – (I7) для дифференциальных уравнений в частных производных для сопряженных переменных.

Для численного решения краевых задач (I) – (4) и (II) – (I7) из статьи [I] удобно записать системы уравнений (I) и (II) в характеристической форме [2].

Характеристическая форма для системы уравнений (I) из работы [I] имеет вид

$$S_i \frac{\partial U_i}{\partial t} + \Lambda_i S_i \frac{\partial U_i}{\partial x_i} = F_i, \quad i = 1, 2, \tag{2}$$

$$0 < x_1 < l_1 < x_2 < l_2, \quad 0 < t < T,$$

где $U_i = \begin{pmatrix} Q_i \\ Z_i \end{pmatrix}$, $F_i = \begin{pmatrix} F_{1i} \\ F_{2i} \end{pmatrix}$ – векторы,

$$S_i = \begin{pmatrix} 1 & -B_i(V_i + C_i) \\ 1 & -B_i(V_i - C_i) \end{pmatrix}$$ – квадратные матрицы,

$$\Lambda_i = \begin{pmatrix} V_i - C_i & 0 \\ 0 & V_i + C_i \end{pmatrix}.$$

Здесь $V_i = \frac{Q_i}{\omega_i}$, $C_i = \sqrt{\frac{g\omega_i}{B_i}}$,

$$F_{1i} = -B_i \cdot i_i \cdot V_i^2 - g\omega_i \frac{Q_i |Q_i|}{K_i} + q_i (V_i - C_i);$$

$$F_{2i} = -B_i \cdot i_i \cdot V_i^2 - g\omega_i \frac{Q_i |Q_i|}{K_i} + q_i (V_i + C_i).$$

Характеристическая форма для системы уравнений (II) из статьи [I] записывается следующим образом

$$R_i \frac{\partial V_i}{\partial t} + \alpha_i R_i \frac{\partial V_i}{\partial x_i} = P_i, \quad i = 1, 2, \tag{3}$$

$$0 < x_1 < l_1 < x_2 < l_2, \quad 0 < t < T,$$

где

$$V_i = \begin{pmatrix} \lambda_i^1 \\ \lambda_i^2 \end{pmatrix} \qquad P_i = \begin{pmatrix} P_{1i} \\ P_{2i} \end{pmatrix}$$ – векторы,

$$R_i = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{B_i(C_i+v_i)} \\ 1 & \frac{1}{B_i(v_i-C_i)} \end{pmatrix};$$

– квадратные матрицы,

$$\Lambda_i = \begin{pmatrix} v_i + C_i & 0 \\ 0 & v_i - C_i \end{pmatrix},$$

$$P_{1i} = G_{1i} + \frac{G_{2i}}{B_i(v_i+C_i)}, \quad P_{2i} = G_{1i} + \frac{G_{2i}}{B_i(v_i-C_i)},$$

$$G_{1i} = \left(\frac{B_i'}{B_i^2}\frac{\partial z_i}{\partial x_i}\right)\lambda_i^2 - \left[\frac{2g i_i Q_i}{\omega_i C_i^2} - \frac{2g\omega_i |Q_i|}{K_i^2} + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{2gQ_i}{\omega_i C_i^2} + \frac{2Q_i\omega_i'}{\omega_i^2}\right)\frac{\partial z_i}{\partial x_i}\right]\lambda_i^1,$$

$$G_{2i} = -\left(\frac{B_i'}{B_i^2}\frac{\partial Q_i}{\partial x_i}\right)\lambda_i^2 - \left[\frac{2Q_i\omega_i'}{\omega_i^2}\frac{\partial Q_i}{\partial x_i} - \right.$$

$$\left. - \frac{g i_i Q_i (2\omega_i C_i' + C_i\omega_i')}{\omega_i^2 C_i^3} - \frac{gQ_i|Q_i|(2\omega_i K_i' - K_i\omega_i')}{K_i^2\omega_i^2}\right]\lambda_i^1,$$

$$K_i' = \frac{\partial K_i}{\partial z_i}, \quad C_i' = \frac{\partial C_i}{\partial z_i}, \quad \omega_i' = \frac{\partial \omega_i}{\partial z_i}, \quad B_i' = \frac{\partial B_i}{\partial z_i}.$$

Ниже опишем численный алгоритм решения систем уравнений (2) с краевыми условиями (2) - (4) и (3) с краевыми условиями (I3) - (I7) из статьи [I] на основе метода конечных разностей.

В областях $D_1=\{0\le x_1\le \ell_1,\ 0\le t\le T\}$ и $D_2=\{\ell_1\le x_2\le \ell_2,\ 0\le t\le T\}$ введем сетки

$$\bar\omega_{1h\tau}=\{(x_{1i_1},t_j);\ x_{1i_1}=i_1h_1,\ t_j=j\tau,\ i_1=0,1,\dots,N_1,$$
$$h_1=\ell_1/N_1,\ j=0,1,\dots,M.\ \tau=T/M\},$$
$$\bar\omega_{2h\tau}=\{(x_{2i_2},t_j);\ x_{2i_2}=i_2h_2+\ell_1,\ t_j=j\tau,\ i_2=0,1,\dots N_2,$$
$$h_2=(\ell_2-\ell_1)/N_2,\ j=0,1,\dots,M,\ \tau=T/M\},$$

с шагами: h_1, h_2 по x_1, x_2 и τ по t.

Аппроксимируя системы уравнений (2), (3) с помощью численных методов, изложенных в работе [3], абсолютно устойчивой неявной разностной схемы, имеющей второй порядок аппроксимации по x_i и первый порядок аппроксимации по t и в результате линеаризации, получим систему разностных уравнений для внутренних точек сетки

$$-A_{in_i}^{k}W_{in_i-1}^{k+1}+B_{in_i}^{k}W_{in_i}^{k+1}-C_{in_i}^{k}W_{in_i+1}^{k+1}=D_{in_i}^{k}\qquad (4)$$
$$i=1,2,\quad n_i=1,\dots,N_i-1.$$

Далее с помощью системы уравнений (2),(3), граничных условий (3), (I3), (I4) и условий сопряжения (4), (I5), (I6) из статьи [I] получим разностные граничные условия и условия сопряжения

$$B_{10}^{k}W_{10}^{k+1}-C_{10}^{k}W_{11}^{k+1}=D_{10}^{k},\qquad (5)$$

$$-A_{1N_1}^{k}W_{1N_1-1}^{k+1}+B_{1N_1}^{k}W_{1N_1}^{k+1}=D_{1N_1}^{k}+H_{12}^{k}W_{20}^{k+1},\qquad (6)$$

$$B_{20}^{K} W_{20}^{K+1} - C_{20}^{K} W_{21}^{K+1} = D_{20}^{K} + H_{21}^{K} W_{1N_1}^{K+1}, \qquad (7)$$

$$-A_{2N_1}^{K} W_{2N_2-1}^{K+1} + B_{2N_2}^{K} W_{2N_2}^{K+1} = D_{2N_2}^{K}, \qquad (8)$$

где A^K, B^K, C^K (с индексами $in_i, 10, 1N_1, 20, 2N_2$) - коэффициенты разностных уравнений, разностных граничных условий и условий сопряжения, которые зависят от параметров участков канала. Ввиду их громоздкости они не приводятся.

При решении краевой задачи для системы уравнений (2) $W_{in_i}^{K+1}$ $(i = 1,2;\ n_i = 0,1,\ldots,N_i$ соответствует $U_{in_i}^{K+1} = U_i(x_i, t_{K+1})$, для системы уравнений (3) - $V_{in_i}^{K+1} = V_i(x_{n_i}, t_{K+1})$.

Таким образом, численное решение системы дифференциальных уравнений в частных производных (2) с краевыми условиями (2) - (4) из работы [I] сводится к решению системы разностных уравнений (4) - (8) на каждом временном слое t_K.

Согласно методу прогонки, описанному в работе [4], решение находим в виде соотношений

$$W_{1n_1}^{K+1} = X_{1n_1}^{K} W_{1n_1+1}^{K+1} + T_{1n_1}^{K}, \quad n_1 = N_1-1, N_1-2, \ldots, 1, 0. \qquad (9)$$

$$W_{2n_2}^{K+1} = X_{2n_2}^{K} W_{2n_2-1}^{K+1} + T_{2n_2}^{K}, \quad n_2 = 1, 2, \ldots N_2-1, N_2. \qquad (10)$$

Преобразуя выражение (5) к виду (9) и подставляя (9) в (4), находим выражения для прогоночных коэффициентов в виде

$$X_{10}^{K} = (B_{10}^{K})^{-1} \cdot C_{10}, \quad T_{10}^{K} = (B_{10}^{K})^{-1} D_{10}^{K}, \qquad (11)$$

$$X_{1n_1}^{K} = (B_{1n_1}^{K} - A_{1n_1}^{K} X_{1n_1-1}^{K})^{-1} C_{1n_1}^{K}, \qquad (12)$$

$$T_{1n_1}^{k}=\left(B_{1n_1}^{k}-A_{1n_1}^{k}X_{1n_1-1}^{k}\right)^{-1}\left(D_{1n_1}^{k}+A_{1n_1}^{k}T_{1n_1-1}^{k}\right), \qquad (13)$$

$$n_1=1,\dots,\quad N_1-1.$$

Аналогично преобразуя выражение (8) к виду (10) и подставляя (10) в (4) при $i = 2$, находим выражения для прогоночных коэффициентов в виде

$$X_{2N_2}^{k}=\left(B_{2N_2}^{k}\right)^{-1}A_{2N_2}^{k}; \quad T_{2N_2}^{k}=\left(B_{2N_2}^{k}\right)^{-1}D_{2N_2}^{k}, \qquad (14)$$

$$X_{2n_2}^{k}=\left(B_{2n_2}^{k}-C_{2n_2}^{k}X_{2n_2+1}^{k}\right)^{-1}A_{2n_2}^{k}, \qquad (15)$$

$$T_{2n_2}^{k}=\left(B_{2n_2}^{k}-C_{2n_2}^{k}X_{2n_2+1}^{k}\right)^{-1}\left(D_{2n_2}^{k}+C_{2n_2}^{k}T_{2n_2+1}^{k}\right), \qquad (16)$$

$$n_2=N_2-1,\ N_2-2,\dots,1,0.$$

Подставляя уравнение (9) при $n_1=N_1-1$ в (6) и (10) при n_2 = I в (7), получим следующую систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных векторов $W_{1N_1}^{k+1}$ и W_{20}^{k+1}

$$\begin{aligned}&\left(B_{1N_1}^{k}-A_{1N_1}^{k}X_{1N_1-1}^{k}\right)W_{1N_1}^{k+1}-H_{12}^{k}W_{20}^{k+1}=D_{1N_1}^{k}+A_{1N_1}^{k}T_{1N_1-1}^{k},\\&-H_{21}^{k}W_{1N_1}^{k+1}+\left(B_{20}^{k}-C_{20}^{k}X_{21}^{k}\right)W_{20}^{k+1}=D_{20}^{k}+C_{20}^{k}T_{21}^{k}.\end{aligned} \qquad (17)$$

Из изложенного выше следует, что численный алгоритм решения разностной краевой задачи (4) - (8) выглядит следующим образом:

с помощью реккуррентных формул (11), (12) и (13) вычисляются прогоночные коэффициенты $X_{10}^{k}, T_{10}^{k}, X_{1n_1}^{k}, T_{1n_1}^{k}$;

используя формулы (14), (15) и (16), вычисляют прогоночные коэффициенты $X_{20}^{k}, T_{20}^{k}, X_{2n_2}^{k}, T_{2n_2}^{k}$;

решая систему линейных алгебраических уравнений (17), например, с помощью метода исключения Гаусса, находим численные значения $W_{1N_1}^{k+1}$ и $W_{2n_2}^{k+1}$;

по рекуррентным формулам (9) и (10) находим численные значения W_{1n}^{k+1} $(n_1=N_1-1,\ N_1-2,\dots,1,0.)$

и

$$W_{2n_2}^{k+1}(n_2 = 1, 2, \ldots, N_2 - 1, N_2).$$

Необходимо отметить, что краевая задача для основных переменных решается в сторону увеличения t начиная с момента времени $t = 0$, а краевая задача для сопряжения переменных после решения краевой задачи для основных переменных,-в сторону уменьшения t начиная с $t = T$.

Значение критерия оптимальности (6) из статьи [I] вычисляется с помощью формулы численного интегрирования

$$I = K_1 \sum_{k=1}^{n} G_c(Z_{1N_1}^{k}, U_1^{ck})\tau + K_2 \sum_{k=1}^{n} G_2^{e}(Z_{2N_2}^{k}, U_2^{k})\tau,$$

где $G_{1c}(Z_{1N_1}^{k}, U_1^{ck}) = G_c(Z_1(\ell_1, t_k), U_1^{c}(t_k))$,

$$G_2^{e}(Z_{2N_2}^{k}, U_2^{k}) = G_2^{e}(Z_2(\ell_2, t_k), U_2(t_k)).$$

Коэффициенты ε_{im} в m-ом приближении с помощью (I) выбираются из условия локального минимума I. Эта задача решается с помощью методов нелинейного программирования, например, известными поисковыми методами.

Список использованной литературы

I. Рахимов Ш.Х., Бегимов И. Оптимальное управление ирригационными каналами как неоднородными объектами с распределенными параметрами. - Известия АН УзССР. Сер.техн.наук. - 1986. - № I. - С.25-29.
2. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. - М.: Наука, 1974. - 431 с.
3. Воеводин А.Ф., Шугрин С.М. Численные методы расчета одномерных систем. - Новосибирск: Наука, 1981. - 208 с.
4. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. - М.: Наука, 1977. - 454 с.

И.В.Осадчая
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ПЕРЕФОРМИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ, ЗАРАСТАНИЕ, ЗАИЛЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ АЗИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОКРАЩЕНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТИ

Создание водохранилищ и регулирование ими стока значительно преобразовало естественный гидрологический режим среднеазиатских рек, что повлекло за собой изменения и многих других природных процессов и условий.

Для водохранилищ региона характерны значительное изменение берегов, зарастание, цветение, заиление, большие потери на испарение и фильтрацию.

За длительный период эксплуатации на многих водохранилищах в связи с этими процессами изменились их размеры, конфигурация, морфология чаши, регулирующие емкости, режим эксплуатации.

Заиление равнинных водохранилищ происходит за счет продуктов разрушения берегов и дна, а также наносов, поступающих с поверхностным стоком. У горных водохранилищ главным источником занесения и заиления является поверхностный сток; для них характерен наименьший размыв берегов. В Туркмении немаловажным источником заиления водохранилищ являются также переносимые ветром песок и пыль.

Ведущий гидродинамический фактор переработки берегов водохранилищ - ветровое волнение, в свою очередь, зависящее от размеров водохранилища и его конфигурации. Отдельным районам региона характерен сильный ветровой режим. На больших по площади горных водохранилищах скорость ветра и величина волнения намного меньше, чем на равнинных. В горах главную роль играют другие виды переформирования берегов - осыпи, оползни и т.д.

Берега Чарвакского водохранилища отличаются значительной длиной потенциальных оползневых участков - 10-15 км. В 1982 г. значительная сработка водохранилища (ниже НПУ на 74 м, ниже УМО на 19 м) привела в движение Мингчукурский оползень, расположенный на правом его берегу. Объем оползня составил 25 млн.м^3. Полуторакилометровый участок от глубинного водоприемника до плотины Ахангаранского водохранилища также подвержен оползневым явлениям (Верхне-Турский оползень).

Большое влияние на масштабы и интенсивность переработки берегов оказывает амплитуда колебаний уровня водохранилищ, а также характер слагающих их пород, крутизна склонов, высота, характер растительности берегов.

59 из 75 водохранилищ региона осуществляют сезонное регулирование. Им характерны высокие суточные (от I до 2 м) темпы наполнения и сработки, что специфично лишь для водохранилищ Среднеазиатского региона.

По данным материалов наблюдений, интенсивная переработка берегов водохранилищ наблюдается в первые годы эксплуатации, затем скорость размыва берегов постепенно уменьшается. Процесс переработки полностью не прекращается, а продолжается многие годы.

С первых дней эксплуатации и по настоящее время наблюдается переработка берегов Кайраккумского водохранилища - на 90 км береговой линии. Интенсивный размыв и опасность обрушения берегов отмечается в настоящее время на общей длине 22 км: в районе левобережья - участок гидропоста Джидалык и турбазы "Таджикское море"; правобережья - участок между насосными станциями Шуркуль и Самгар. Ежегодное отступление бровки берега за счет обрушения местами составляет 2-4 м. Смещение бровки берега за весь период эксплуатации, по сведениям гидрографической партии Кайраккумской ГМО (1983 г.), по участку № 2 (Джидалык) составило 70,4 м; № 7 (Дом отдыха) - 16,5 м.

Чаша Каттакурганского водохранилища имеет в плане сильно изрезанную форму веера с рядом больших длинных заливов. Протяженность береговой линии около 180 км; из них 6-7 км западного берега, сложенного лессом, подвержены размыву и имеют обрывистые уступы высотой до 3 м, образовавшиеся в результате действия ветровых волн. Отступление бровки берега здесь составляет около 40 м. Наиболее высокие обрывы имеют берега справа от плотины в районе впадения подводящего канала на длине I км. Высота обрушения здесь около 4-5 м. Ширина полосы обрушения за период эксплуатации 1941-1985 гг. составила около 70 м.

Водохранилища, расположенные в районах распространения лессовых пород (степная и пустынная зоны региона), отличаются наибольшей интенсивностью абразии (Кайраккумское, Ташкентское, Чимкурганское, Южносурханское, Кушиазарское). На этих водохранилищах абразионные берега составляют более половины длины бе-

реговой линии; за период эксплуатации они претерпели значительные изменения.

Интенсивная переработка берегов отмечается на Андижанском, Чарвакском и Нурекском горных водохранилищах, где абразионные берега составляют также значительную величину.

Необходимо отметить, что систематических наблюдений за процессом переформирования берегов водохранилищ, подверженных этому явлению, за исключением Кайраккумского водохранилища, не проводится, и это затрудняет делать какие-либо основательные выводы.

На большинстве водохранилищ региона окончательное переформирование берегов еще не наступило. Повсеместно происходят обвалы и оползание тяжелого грунта отвесных, местами навесных береговых склонов (Кайраккумское, Куюмазарское, Ташкентское, Чимкурганское, Южносурханское и другие водохранилища).

На Нурекском, Чарвакском, Андижанском водохранилищах абразионные берега составляют более половины длины береговой линии.

Исследования чаши Андижанского водохранилища, проведенные в 1980 г. институтом "Средазгипроводхлопок", показали, что по всему периметру водохранилища как в рыхлых, так и в скальных породах отмечается переформирование берегов, заключающееся в размыве, подмыве, просадке, обвалах. Общий объем переработки берегов в конечную стадию составит 2 млн.м^3. Продукты переработки берегов отлагаются в чаше водохранилищ, что приводит к значительному сокращению регулирующих емкостей.

Вследствие мелководности и хорошей прогреваемости 23 водохранилища региона подвержены зарастанию, на 10 водохранилищах отмечается цветение.

Особенно сильному зарастанию подвержены Долонское, Фархадское водохранилища на р.Сырдарье в Таджикистане, Средне- и Нижне-Гиндукушское водохранилища на р.Мургаб в Туркмении, на которых заросли камыша, рогоза занимают более 50 % площади зеркала. На Карабалтинском, Каркидонском, Джизакском, Головном, Муминабадском, Сельбурском, Каттакурганском, Чимкурганском, Камашинском, Хаузханском, Восточном, Сарыязинском, Колхозбентском, Иолотанском, Тедженском-I и Тедженском-II водохранилищах отмечается зарастание камышом, тростником, дженгилом, рогозом мелководий с глубинами до 2 м. Цветению подвержены Джизакское, Учкызылское, Каттакурганское, Чимкурганское, Шурабсайское водохранилища в Узбекистане, водохранилища на р.Мургаб и Теджен в Туркмении.

В результате увеличения площадей зарастания возрастают потери воды из водохранилищ на испарение путем транспирации и теряется часть объема на заросли, что также приводит к сокращению регулирующих емкостей водохранилищ.

Произведенный нами анализ материалов по заилению водохранилищ региона показывает, что фактический ход отложения наносов более интенсивен, чем по проектным проработкам, особенно в первые годы эксплуатации.

В 1895 г. для орошения Мургабского государева имения в Байрамали были построены три Гиндукушских водохранилища. Верхнее размещалось непосредственно в русле р.Мургаб, а Среднее и Нижнее - в пойме реки, путем постройки дамб обвалования. Речное водохранилище к 1908 г. полностью заилилось, а на двух оставшихся в 1912 г. были наращены на 2 м дамбы обвалования. Дальнейшее заиление Среднего и Нижнего водохранилищ потребовало произвести в 1953 г. реконструкцию дамб. Дамбы наращены в высоту, обеспечивающую превышение над НПУ водохранилища на 1,5 м.

Иолотаноское водохранилище с 1910 по 1957 год потеряло 42 млн.м^3, т.е. около 60 % емкости. Султанбентское водохранилище емкостью 73,5 млн.м^3 на р.Мургаб, существовавшее на месте нынешнего Колхозбентского с 1909 г., к 1928 году полностью заилилось, т.е. за 18 лет эксплуатации. В настоящее время Колхозбентское водохранилище потеряло 45 % своей емкости. Фархадское водохранилище заилилось на 90 % за 10 лет эксплуатации.

Вахшская Головная ГЭС была введена в эксплуатацию в 1962 г. Водохранилище ГЭС явилось первым резерватом для осаждения наносов реки Вахш. Процесс заиления протекал очень быстро. В 1965 г. объем заиления составил 68,6 млн.м^3; в 1966 - 72,1, в 1967 г. - 75,8. По замерам, произведенным в 1983 г., объем заиления составил 72,9 млн.м^3. Производимые службой эксплуатации промывки через донные водосбросы позволили удалить наносы в непосредственной близости от гидроузла и несколько увеличить объем водохранилища.

Темпы заиления Южносурханского, Ташкентского, Каттакурганского, Чимкурганского, Пачкамарского водохранилищ, соответственно, в 1,5, 2,0, 2,4, 3,0, 5 раз выше, чем по проектным проработкам.

Интенсивному заилению, кроме указанных выше, подвержены также Долонское, Найманское и Тортгульское водохранилища Кирги-

зии, а также некоторые другие водохранилища региона, сведения по которым отсутствуют.

В таблице приведены сведения об изменении регулирующих емкостей водохранилищ в связи с заилением по бассейнам рек Средней Азии (согласно съемкам чаш водохранилищ, произведенных Кайраккумской ГМО и институтом УзГИИТИ). Как видно, только по 32 водохранилищам региона (из 75 эксплуатируемых на I.01.85 г.) объем отложившихся наносов составил 3458,2 млн.м^3.

Произошло сокращение регулирующих емкостей следующих водохранилищ: Степнинского в бассейне р.Чу; Ташкентского, Каттасайского, Джизакского в бассейне р.Сырдарьи; Муминобадского, Сэльбурского, Южносурханского, Дегресского, Каттакурганского, Чимкурганского в бассейне р.Амударьи; Колхозбентского, Иолотанского, Средне-и Нижнегиндукушского в бассейне р.Мургаб; Тедженского I и П, Хорхорского в бассейне р.Теджен; водохранилищ Кызыл-Ай, Мамед-Куль и Делели в бассейне р.Атрек. Фархадское водохранилище на сегодняшний день утратило свою регулирующую способность ввиду заиления и практического интереса как емкость не представляет; оно используется как бьеф, обеспечивающий распределение и пропуск транзитных расходов.

В связи с большим заилением водохранилищ бассейна р.Мургаб с целью частичного восстановления регулирующих емкостей на этой реке в настоящее время заканчивается строительство нового Сарыязинского водохранилища многолетнего регулирования; оно создается на базе старого водохранилища, сократившего к 1980 г. свою первоначальную емкость 250 млн.м^3 до 169,8 млн.м^3 и практически полностью заилившегося Ташкепринского водохранилища. Строительством Сарыязинского водохранилища, теперь уже верхнего в каскаде Мургабских водохранилищ, уровень воды выравнивается с существующим уровнем Ташкепринского водохранилища, т.е. будет единое Сарыязинское водохранилище, попуски из которого поступают в р.Мургаб и проходят через емкости всех нижних водохранилищ.

В связи с заилением Тедженского-I водохранилища, которое к 1982 г. потеряло 80 % своей первоначальной емкости, возникла необходимость восстановления утраченной емкости. По проекту Туркменгипроводхоза рядом с основной (заиленной) емкостью осуществлено строительство дополнительной на объем 195 млн.м^3.

Уменьшение объема заиления может быть достигнуто созданием пониженного уровенного режима в половодье, увеличивающего про-

Таблица

Изменение регулирующих емкостей водохранилищ Средней Азии

Номер	Название водохранилища	Тип водохранилища	Полная начальная емкость, млн.м³	Полезный объем, млн.м³	Мертвый объем, млн.м³	Срок ввода в эксплуатацию	Заиление: объем, млн.м³ на год	Заиление: % от полного объема
	Бассейн р.Чу, Талас, оз.Иссык-Куль							
I.	Ортатокойское	русл.	470,0	450,0	20,0	I956	6.00(I980 г.)	I,3
2	Степнинское	-"-	I,08	I,0I	0,07	I932	0,24(I978 г.)	22,2
	Бассейн р.Сырдарьи							
3.	Учкурганское	-"-	52,5	20,9	3I,6	I960	3I,3(I978 г.)	59,6
4.	Каркидонское	смешан.	2I8,4	2II,4	7,0	I963	3,0(I978 г.)	I,4
5.	Кайраккумское	русл.	4I60,0	2600,0	I560,0	I956	774,0(I983 г.)	I8,6
6.	Фархадское	-"-	330,0 (I5,0)	265,0 (I5,0)	65,0	I947	3I5,0 (I983 г.)	95,5
7.	Кассансайское	-"-	I65,0	I55,0	I0,0	I942	8,25 (I980 г.)	5,0
8.	Ташкентское	-"-	250,0	224,0	26,0	I959	46,2 (I984 г.)	I8,5
9.	Каттасайское	-"-	55,07	54,8	0,27	I96I	7,57 (I979 г.)	I3,7
I0.	Джизакское	налив.	I00,0	96,0	4,0	I968	9,0 (I979 г.)	9,0
	Бассейн р.Амударьи							
II.	Нурекское	русл.	I0500,0	4500,0	6000,0	I972	I292,0 (I987 г.)	I2,3
I2.	Головное	-"-	94,5	I8,0	76,5	I962	72,9 (I983 г.)	77,I
I3.	Муминабадское	налив.	30,I4	29,2	0,94	I959	I,42 (I982 г.)	4,7

Продолжен. таблицы

Номер	Название водохранилища	Тип водохранилища	Полная начальная емкость, млн.м³	Полезный объем, млн.м³	Мертвый объем, млн.м³	Срок ввода в эксплуатацию	Заиление: объем, млн.м³ на год	Заиление: % от полного объема
I4.	Сельбурское	налив.	26,0	25,4	0,6	I964	I0,2(I982)	39,2
I5.	Южносурханское	русл.	800,0	7I0,0	90,0	I962	202,0(I985)	25,2
I6.	Дегресское	налив.	I2,75	I2,2	0,55	I958	2,03(I979)	I5,9
I7.	Каттакурганское	-"-	900,0	876,0	24,0	I94I	60,0(I975)	6,7
I8.	Кукмазарское	-"-	350,0	303,0	47,0	I957	27,3(I98I)	7,8
I9.	Чимкурганское	русл.	500,0	450,0	50,0	I959	60,0 (I980)	I2,0
20.	Пачкамарское	-"-	260,0	250,0	I0,0	I967	22,0 (I986)	8,5
2I.	Дехканабадское	-"-	27,2	I5,4	3,0	I980	I,8 (I984)	6,6
			Бассейн р.Мургаб[x)]					
22.	Сарыязинское	русл.	660,0	635,0	25,0	I958	старое 93,2(I982)	37,3
23.	Колхозбентское	-"-	54,6	50,0	4,6	I909	24,6 (I982)	45,I
24.	Иолотанское	-"-	73,23	7I,5	I,73	I9I0	49,23 (I982)	67,2
25.	Средне-Гиндукушское	налив.	I7,5	I6,8	0,7	I895	2,5 (I982)	I4,3
26.	Нижне-Гиндукушское	-"-	20,8	I6,8	4,0	I895	4,8 (I982)	23,I
			Бассейн р.Теджен					
27.	Теджевское-I	русл.	I50,0	I42,6	7,4	I950	II9,5 (I982)	79,7
28.	Теджевское-II	-"-	I83,5	I80,I	3,5	I960	42,5 (I982)	23,2
29.	Хорхорское	налив.	2I,5	20,5	I,0	I959	3,5 (I982)	I6,3

Продолжен. таблицы

Номер	Название водохранилища	Тип водохранилища	Полная начальная емкость, млн.м^3	Полезный объем, млн.м^3	Мертвый объем, млн.м^3	Срок ввода в эксплуатацию	Заиление: объем, млн.м^3 на год	Заиление: % от полного объема
			Бассейн р. Атрек					
30.	Кызыл-Ай	налив.	5,33	4,33	I,0	I966	2,03(I982)	38,I
30.	Мамед-Куль	-"-	20,4	I7,9	2,5	I964	4,0 (I982)	I9,6
3I.	Делели	-"-	I6,0	I2,0	4,0	I970	5,0 (I982)	3I,2

точность водохранилища, способствующую пропуску транзитом части наносов в нижний бьеф гидроузла; использованием стратификационных потоков для сброса части наносов в нижний бьеф; применением специальных устройств для удаления наносных отложений со дна водохранилищ; применением берегозащитных лесозащитных полос по берегам рек и водохранилищ.

В связи с большим заилением водохранилищ региона, значительной потерей регулирующей емкости актуальным является проблема разработки комплекса мероприятий, в значительной степени уменьшающих заиление, а также восстановления утраченной полезной емкости.

Использованная литература

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. - М.: Мысль, 1987. - 325 с.

УДК 631.6.001.18

Проблемы развития водного хозяйства и орошаемого земледелия при дефиците водных ресурсов. Духовный В.А.
Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Освещены проблемы, стоящие перед водным хозяйством и орошаемым земледелием в условиях Средней Азии при остром дефиците водных ресурсов. Направленность всех работ в мелиорации и водном хозяйстве должна строиться по трем уровням иерархии следующим образом: улучшение управления водными ресурсами всех видов ;совершенствование оросительной системы ; превращение поливного участка - поля - в базу создания высокого плодородия земель. Отмечено, что возможные отклонения и ограничения в развитии водных ресурсов могут привести к ухудшению современного их состояния.
Табл.1.

УДК 631.67.03

Оценка пригодности р.Амударьи для орошения.
Усманов А.У., Дунин-Барковская О.С., Паренчик Р.И.
Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Проанализированы основные факторы природного и антропогенного характера, влияющие на формирование качества оросительной воды в бассейне р.Сырдарьи. Дана оценка возможности использования на орошение вод различного качественного состава. Табл.2.

УДК 627.152: 631.67.03

Водно-солевой режим р.Амударьи и мероприятия по деминерализации стока. Полинов С.А., Речицкая Л.Р.
Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Рассматривается влияние развития орошения и использования водных ресурсов р.Амударьи на минерализацию речного стока. Дается анализ причин, обусловливающих резкое увеличение минерализации воды в нижнем течении Амударьи и предлагается перечень первоочередных мероприятий по ее снижению. Табл.4, иллюстр.2.

УДК 502.65

Принципы и основные задачи эколого-токсикологической паспортизации водотоков и водоемов Средней Азии. Каримов Б.К.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Проанализирована современная эколого-токсикологическая ситуация в водоемах и водотоках Средней Азии. Показана необходимость разработки эколого-токсикологической паспортизации (ЭТП), приведена блок-схема и задачи ЭТП.
Иллюстр.1.

УДК 627.152:631.67.03

О качестве питьевой воды в низовьях реки Амударьи. Каюмов О.А., Николаенко В.А., Когтева И.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Проведены исследования качественного состава воды р.Амударьи в створе Туямуюнского гидроузла и Капарасского водохранилища с целью определения возможности использования ее для питьевого водоснабжения низовьев Амударьи.
Предложены мероприятия по режиму работы Капараса, позволяющие сохранить в нем качество воды, отвечающее нормам ГОСТ.
Библ.5, табл.2.

УДК 627.152:631.67.03

Комплексная оценка качества коллекторно-дренажных вод системы озерного коллектора "Дружба". Разаков Р.М., Каримов Б.К., Дунин-Барковская О.С.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Приведены результаты исследований по изучению динамики минерализации воды в р.Амударье и водохранилищах Туямуюнского гидроузла. Библ.9. иллюстр.5, табл.2.

УДК 627.152:502.65

Гидрохимическая характеристика водоемов коллекторно-дренажных систем среднего течения р.Сырдарьи. Каримов Б.К., Разаков Р.М.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Приведены данные о содержании различных загрязняющих веществ в водоемах коллекторно-дренажных систем среднего течения р.Сырдарьи, а также уровни содержания токсических веществ в донных отложениях, растениях, взвешенных веществах и в теле рыб. Дана оценка водно-токсикологической ситуации в новой и староорошаемой зонах.
Библ.9, табл.3.

УДК 627.152:631.67.03

Результаты комплексных натурных исследований водно-солевого, наносного и уровенного режимов р.Амударьи и водохранилищ Туямуюнского гидроузла. Каюмов О.А., Абдуллаев Р.А., Бабаджанов К.Б.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Излагаются результаты комплексных натурных исследований, проведенных в 1983-1988 гг.на Амударье в зоне Туямуюнского гидроузла. Приводятся данные о водно-солевом режиме и русловых процессах, происходящих в верхнем и нижнем бьефах гидроузла.
Библ.3.

УДК 626.81:681.142.3

Управляемость водохозяйственного комплекса. Халматов А.Ш.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

В статье рассматривается управляемость водохозяйственного комплекса с помощью системы уравнений, реализованных на ЭВМ. Понятие управляемости ставит в соответствие возможности водохозяйственного комплекса по обеспечению водными ресурсами орошаемого земледелия с требованиями, предъявляемыми потребителями.
Иллюстр.1, библ.2.

УДК 556.15:626.814.003.13

Об оценке ирригационного эффекта регулирования стока для экстремальных условий эксплуатации водохранилища (на примере Токтогульского гидроузла). Аскарова Е.В., Стариков Н.П., Бердянский В.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

В статье изложена методика оценки экономического эффекта ирригационного регулирования стока для экстремальных (за пределами проектной расчетной обеспеченности) условий эксплуатации водохранилища. Методика основана на сопоставлении вариантов водохозяйственного баланса (продуктивный эффект) и осредненных показателей стоимостного эффекта оросительной воды (экономический эффект).

Приведен расчет конкретного примера по Токтогульскому гидроузлу за период начальной эксплуатации (1974-1979 гг.).
Библ.2, табл.I, иллюстр.2.

УДК 626.82

Методика определения эффективности регулирования стока Туямуюнским гидроузлом. Сорокин А.Г., Островский Н.Э

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

В статье излагается методика оценки функционирования Туямуюнского гидроузла. Предлагается система показателей эффективности регулирования стока, учитывающая основные требования, предъявляемые потребителями к гидроузлу (гарантированный объем водоотдачи, улучшение качества воды, снижение непроизводительных потерь и др.).
Библ.3.

УДК 627.152:502.5

Экологическое районирование поймы р.Чирчик применительно к техногенным воздействиям. Дмитриев А.Б.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

В статье рассматривается современное состояние русла р.Чирчик. Предлагается система общего районирования техногенных воздействий и таксонометрическая схема распределения по длине реки отдельных видов воздействий. Выявлены участки для проведения рекультивационных работ. Иллюстр.2, табл.I.

УДК 627.157

Влияние режима наносов на деформацию русел предгорных рек Сурхандарьинской области. Мирзиятов М.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Статья посвящена изучению влияния режима наносов на деформацию русел рек Сурхандарьинской области. На основе имеющихся данных и натурных исследований получена динамика распределения средних и наибольших диаметров наносов по месяцам и по годам при наличии защитно-регулировочных сооружений. Установлено влияние крупности наносов на русловой процесс на предгорных реках Сурхандарьинской области УзССР. Иллюстр.2.

УДК 626.811.84

КПД оросительных систем и пути его повышения. Кадыров А.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Рассматривается состояние изученности КПД оросительных систем и их составляющих, приводятся численные значения КПД, осредненные для областей УзССР и для магистральной и межхозяйственной части отдельных крупных каналов республики.

Обосновываются пути повышения КПД ОС на основе организационных и технологических мероприятий без крупных капитальных вложений.

Библ.5, табл.1

УДК 626.82

Экспериментальные натурные исследования динамических процессов на участках Каршинского магистрального канала. Бегимов И., Касымбеков А.С., Очилов Р.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Рассматриваются вопросы управления технологическими процессами на магистральных каналах с бассейнами перерегулирования. Приведены результаты моделирования процессов накопления и сработки бассейнов перерегулирования с учетом водообеспеченности источника и плана водораспределения для потребителей, а также гидравлических режимов работы канала. Библ.2, иллюстр.8.

УДК 626.82:336

Повышение эффективности производства на комплексе Каршинского магистрального канала. Пинхасов М.А., Очилов Р.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Рассматривается существующая система планирования, финансирования и учета эксплуатационных затрат и организация труда в системах машинного водоподъема, в частности на КМК, вскрыты их недостатки. Предлагаются мероприятия по совершенствованию хозяйственного механизма в целях повышения эффективности затрат и производства в условиях сметно-бюджетного финансирования и подготовки машинной системы к переводу на хозяйственный расчет. Табл.2.

УДК 556.3:681.142.3

К методике обработки режимных наблюдений подземных вод на ЭВМ. Абуталиев У.Б., Сорокина И.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Предлагается методика автоматизированного построения картографического материала на ЭВМ на базе стандартных устройств печати. Первичной информацией для построения картограмм являются геометрическое расположение точек наблюдений, административных, гидродинамических, литологических и т.п.границ, масштаб картографического материала и любые другие линейные либо точечные контуры, которые требуют учета при решении самой задачи либо выдачи конечного результата.
Библ.6.

УДК 626.823 (262.83)

Гидротехнические сооружения для природоохранных мероприятий в южной части Приаралья. Кеберле С.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

В статье дается описание профилей водоподпорных и разделительных дамб, рекомендуемых конструкций водовыпусков, сифонных автоматически действующих водосбросов, аварийных поверхностных водосбросов через дамбу и гидравлических расчетов. Иллюстр.2, табл.2.

УДК 626.82:681.5

Численная реализация метода проекции градиента для решения задач управления оросительными каналами. Рахимов Ш.Х., Бегимов И.,

Ходжаниязов А.Д.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

Дается описание численной реализации метода проекции градиента для решения задач управления оросительными каналами, основанной на необходимых условиях оптимальности системы с распределенными параметрами. Библ.4.

УДК 627.034.7

Переформирование берегов, зарастание, заиление водохранилищ Средней Азии и их влияние на сокращение регулирующей емкости. Осадчая И.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989

В статье приводятся фактические сведения об изменении берегов, зарастании, заилении водохранилищ Средней Азии и сокращении регулирующих емкостей в связи с этими процессами. Даются рекомендации, способствующие сокращению нежелательных процессов. Библ.1, табл.1.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

I. Духовный В.А. Проблемы развития водного хозяйства и орошаемого земледелия при дефиците водных ресурсов..... 3
2. Усманов А.У., Дунин-Барковская О.С., Паренчик Р.И. Оценка пригодности воды р.Амударьи для орошения..... I0
3. Полинов С.А., Речицкая Л.Р. Водно-солевой режим р.Амударьи и мероприятия по деминерализации стока..... I4
4. Каримов Б.К. Принципы и основные задачи экологи-токсикологической паспортизации водотоков и водоемов Средней Азии..... 22
5. Каюмов О.А., Николаенко В.А., Когтева И.В. О качестве питьевой воды в низовьях р.Амударьи..... 26
6. Разаков Р.М., Каримов Б.К., Дунин-Барковская О.С. Комплексная оценка качества коллекторно-дренажных вод системы Озёрного коллектора "Дружба"..... 35
7. Каримов Б.К., Разаков Р.М. Гидрохимическая характеристика водоемов коллекторно-дренажных систем среднего течения р.Сырдарьи..... 49
8. Каюмов О.А., Абдуллаев Р.А., Бабаджанов К.Б. Результаты комплексных натурных исследований водно-солевого, наносного и уровенного режимов р.Амударьи и водохранилищ Тюямуюнского гидроузла..... 59
9. Халматов А.Ш. Управляемость водохозяйственного комплекса..... 63
I0. Аскарова Е.В., Бердянский В.В., Стариков Н.П. Об оценке ирригационного эффекта регулирования стока для экстремальных условий эксплуатации водохранилища (на примере Токтогульского гидроузла).... 70
II. Сорокин А.Г., Островский М.Э. Методика определения эффективности регулирования стока Тюямуюнским гидроузлом..... 77
I2. Дмитриев А.Б. Экологическое районирование поймы р.Чирчик применительно к техногенным воздействиям..... 83
I3. Мирзиятов М. Влияние режима наносов на деформацию русел предгорных рек Сурхандарьинской области..... 88
I4. Кадыров А.А. КПД оросительных систем и пути его повышения..... 92

стр.

15. Бегимов И., Касымбеков А.С., Ходжаниязов А.Д., Очилов Р.А. Экспериментальные натурные исследования динамических процессов на участках Каршинского магистрального канала..... 103
16. Пинхасов М.А., Очилов Р.А. Повышение эффективности производства на комплексе Каршинского магистрального канала..... 114
17. Абуталиев У.Б., Сорокина И.А. К методике обработки режимных наблюдений подземных вод на ЭВМ..... 120
18. Кеберле С.И. Гидротехнические сооружения для природоохранных мероприятий в Южной части Приаралья..... 125
19. Рахимов Ш.Х., Бегимов И., Ходжаниязов А.Д. Численная реализация метода проекции градиента для решения задач управления оросительными каналами..... 132
20. Осадчая И.В. Переформирование берегов, зарастание, заиление водохранилищ Средней Азии и их влияние на сокращение регулирующей емкости..... 141

Рефераты 150

Св. план 1989 г., поз. 14

Редакторы Д.Х.Володина, Е.Я.Ялфимова

Р-10872 Подписано в печать 20.12.89. Формат бумаги 60x90 1/16
Уч.-изд.л. 7,9 Заказ 1018. Тираж 400 экз. Цена 1р.40к.

Картфабрика ин-та "Узгипрозем" г.Ташкент, ул.Мукими, 182