

631.64.03

П-48

72094

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНЦЕРН ПО
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ
«ВОДСТРОЙ»
НПО САНИИРИ

**ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ
В О Д**

Ташкент 1990

631.64.03

17-48

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНЦЕРН ПО
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ
„ВОДСТРОЙ“
НПО САНИИРИ

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ
ВОД

45024



Ташкент—1990

Проблема утилизации и использования
минерализованных дренажных вод
Сборник научных трудов, Ташкент,
НПО САНИИРИ, 1990, с.

Современная водохозяйственная обстановка в бассейне Аральского моря характеризуется дефицитом водных ресурсов и резким ухудшением качества вод в источниках орошения за счет интенсивного поступления в ствол реки коллекторно-дренажного стока. Повышенная минерализация речных вод (1,5–2,0 г/л и более) является одной из причин накопления солей на орошаемых землях и ухудшения качества питьевого водоснабжения.

В сборнике рассматриваются вопросы оптимизации режима и сроков проведения промывок по отдельным регионам; оптимизации работы дренажных систем в сочетании с попуском воды по стволу рек в Аральское море; создания автономных массивов с использованием коллекторно-дренажного стока для выращивания солеустойчивых культур. Приводятся результаты натурных исследований почвенно-мелиоративных процессов при использовании минерализованных вод на орошение. Большое внимание уделяется технологии деминерализации стока КДС путем создания гидроботанических и инфильтрационных биоинженерных конструкций очистительных устройств.

Книга предназначена для научных работников, специалистов в области проектирования, строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем, студентов и преподавателей гидромелиоративных техникумов и вузов.

Редакционная коллегия:

Духовный В.А. (гл. редактор), Якубов Х.И. (отв. за выпуск),
Рамазанов А.Р., Пулатов А.Г., Меркина А.С.

© НПО САНИИРИ, 1990

С.А.Полинов, канд.техн.наук
М.А.Пинхасов, канд.экон.наук
Л.Р.Речицкая

(НПО САНИИРИ)

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
УЩЕРБА ОТ РОСТА МИНЕРАЛИЗАЦИИ СТОКА
РЕКИ АМУДАРЬИ И МЕРЫ ПО ЕГО СНИЖЕНИЮ
В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НИЗОВЬЕВ

Водные ресурсы рек Амударьинского бассейна, используемые на развитие водохозяйственного комплекса (ВХК) и орошение территорий Таджикской, Туркменской и Узбекской союзных республик, в силу их естественной ограниченности, существующей зарегулированности и технического состояния водохозяйственных систем (ВХС), с учетом постоянно нарастающих требований водопользователей и водопотребителей уже на современном уровне недостаточны для гарантированного обеспечения отраслей ВХК подачей в необходимом режиме, количестве и качестве.

Высотно-территориальная гидрография оросительных и коллекторно-дренажных систем водохозяйственных районов (ВХР), их положение относительно друг друга и водоисточников обусловили "перекатную" систему использования водных ресурсов, связующим звеном которой является возвратный высокоминерализованный коллекторно-дренажный сток (КД сток).

Возвратный КД сток в реки, как и коллекторно-дренажные воды (КДВ), используемые непосредственно на орошаемой территории ВХР, зачастую квалифицируются как дополнительные водные ресурсы, а их использование оценивается как эффект. Это положение бытует и в водохозяйственной практике, и при составлении Генеральных схем — основных документов развития водного хозяйства. При этом повторное использование КДВ в пределах зоны их нормирования оценивается как экономия водных ресурсов, что, соответственно, сокращает параметры ВХС, а следовательно, и капиталовложения, и эксплуатационные затраты. Возврат же в реки оценивается как увеличение "прокатных" размеров водных ресурсов для нижележащих зон. То есть действует принцип — "перекатом" ограниченных водных ресурсов внутри зоны или из одной в другую максимально их "дожать", представляя это как эффективную водосберегающую технологию использования водных ресурсов.

Существует, однако, и другая точка зрения в оценке данного процесса – рассматривать КДВ как отработанные (по цели мелиорации земель), высоконасыщенные солями водные ресурсы, которые выполнили своё назначение и должны быть отведены для "захоронения" солей за пределы орошаемых территорий, естественно, без доступа в водоемные источники, а их использование – как фактор ущерба.

Эти два полярных подхода в современной водохозяйственной практике объединяются в принцип "допустимости", означающий, что вовлечение КДВ в повторное использование допустимо лишь при условии, когда ПДК минерализации не превышает 1 г/л для нужд питьевого водоснабжения и 1,5 г/л – для целей орошения, следовательно, принцип "допустимости" не обоснован экономически.

Сложившаяся система "перекатного" водопользования, основанная на повторном включении в оборот значительной части КДВ, предопределила процесс нарастания солевого давления на орошаемые территории и водоемные источники и, как следствие, – увеличение потерь производства сельскохозяйственной продукции и ухудшение питьевого качества воды.

Интенсивное освоение новых земель в бассейне р.Амударьи, особенно в её среднем и нижнем течении, сопровождалось значительным ростом водозабора, что привело к истощению стока Амударьи и почти полному прекращению его поступления в Аральское море в маловодные годы.

В то же время вовлечение в сельскохозяйственный оборот более трудноосваиваемых засоленных земель, нуждающихся в повышенных промывных нормах, привело к значительному увеличению объёма и минерализации КДВ, часть которых (высокоминерализованных) для увеличения "прокатных" размеров водных ресурсов низовьев начала сбрасываться в р.Амударью, что в сочетании с ростом отборов из реки и снижением её стока вызвало резкое повышение минерализации по длине реки.

Сокращение удельного водозабора с увеличением площадей орошения и переход на лимитированное водопользование (в соответствии с Постановлением Совмина СССР № IIIIO) при росте минерализации оросительной воды и практически неизменном техническом уровне ГЭС привели к сокращению водоподачи на один гектар и, соответственно, промывной доли. В связи с этим резко ухудшились структура и на-

правленность водно-солевого баланса на фоне близкого залегания грунтовых вод, снизилась продуктивность орошаемых земель.

Особенно остро негативные последствия роста минерализации речной воды и её загрязнённости агро- и ядохимикатами, усугубленные резким сокращением удельного водозабора при практически неизменном КПД оросительных систем на фоне близкого залегания грунтовых вод в последние годы проявились в низовьях Амударьи, где её сток используется не только для орошения, но и является единственным источником питьевого водоснабжения. Это выразилось в ухудшении экологической обстановки, росте заболеваемости населения, резком снижении продуктивности поливных земель и эффективности орошаемого земледелия.

До середины 60-х годов в р. Амударью на участке среднего течения сбрасывались только слабоминерализованные (1,5–2,5 г/л) КДВ с пойменных земель Чарджоуской области. Их объём не превышал 1,0–1,5 млрд. м³ и потому влияние на минерализацию речной воды было несущественным. Так, среднегодовые значения минерализации в створах Керки и Чатлы составляли соответственно 0,40 и 0,49 г/л (при исходной минерализации в зоне формирования стока Амударьи – 0,30 г/л).

С освоением Шерабадской степи высокоминерализованные КДВ с её засоленных земель начали сбрасываться в р. Амударью. В настоящее время их объём составляет 400–500 млн. м³, с ними в реку выносятся 2,0–2,2 млн. т солей, в результате чего минерализация р. Амударьи в створе Керки (водозаборы Каракумского и Каршинского каналов) возросла до 0,55–0,60 г/л.

Наибольшее количество минерализованных КДВ (до 4 млрд. м³) поступает в р. Амударью на участке среднего течения – с правобережья УзССР и пойменных земель Чарджоуской области. С ними в реку выносятся 16–17 млн. т солей, что увеличивает минерализацию Амударьи в створе Дарганата (на входе в Тюямуянский водохранилище) до 1,0–1,1 г/л. Из них 9–11 млн. т при объёме стока 1,1–1,5 млрд. м³ сбрасывается из Каршинской степи и Бухарского оазиса Узбекской ССР по двум сосредоточенным сбросам – Южному и Парсанкульскому и 2,0–2,5 млн. т (при объёме около 1,0 млрд. м³) – по Главному левобережному коллектору Чарджоуской области Туркменской ССР.

Еще около 400 млн.м³ КДВ, отводимых с Турткуль-Берунийских земель ККАССР, выносят в реку около 1,5-2,0 млн.т солей, что вызывает увеличение среднегодовой минерализации в створе Чатлы (Тахиаташский гидроузел) до 1,1-1,3 г/л (в период зимне-весенней межени её значения возрастают до 2,0-2,5 г/л, достигая в отдельные дни 3,0-3,3 г/л).

Таким образом, приведённые данные показывают, что самым значительным очагом солевого давления на реку является сброс с правобережья Узбекской ССР по коллекторам Южному и Парсанкульскому, за счет которого формируется 60-65 % прироста минерализации в створе Дарганата.

Изменение водного баланса в сторону дефицита и солевого режима орошаемых территорий и водоисточников в сторону засоления ведут к потере продуктивности орошаемых земель. Именно водно-экономическая оценка продуктивности орошаемого земледелия является главной предпосылкой к выбору первоочередных мероприятий.

Основные водно-экономические показатели эффективности орошаемого земледелия по областям УзССР и в целом по среднему и нижнему течению р.Амударьи за последние 18 лет (1971-1988 гг.) представлены в табл.1 и 2.

Сравнение экономических показателей продуктивности орошаемого земледелия начального (1971-1975 гг.) и конечного (1986-1988 гг.) периодов рассматриваемого 18-летнего ряда, приведённых в табл.1, позволяет сделать однозначный вывод о прямой зависимости потери продуктивности от роста минерализации оросительной воды по всем без исключения ВХР среднего и нижнего течения Амударьи.

Водно-экономическая оценка процесса нарастания солевого давления на орошаемые территории в результате сложившейся "перекатной" системы водопользования, иллюстрируемая данными табл.2, показывает, что с ростом минерализации оросительной воды отмечается не только падение продуктивности орошаемого гектара, но и значительное снижение эффективности затрат.

Так, при увеличении площади орошения в этот период на 55 % по среднему течению и на 81 % по низовьям стоимость валовой продукции растениеводства возросла лишь на 18-20 %. При этом (из

Таблица I

Сопоставление удельных экономических показателей продуктивности орошаемого земледелия по областям УзССР в бассейне Амударьи, осреднённых за период 1971-1975 и 1986-1988 гг., при изменении минерализации оросительной воды

Область	1971 - 1975 гг.					1986 - 1988 гг.					Ущерб при росте минерал. на 0,1 г/л. руб/га	
	минер. орос. воды, г/л	стоим. ВП*, руб.		стоим. ЧП**, руб.		минер. орос. воды, г/л	стоим. ВП, руб.		стоим. ЧП, руб.			
		на 1 га	на 1000м³	на 1 га	на 1000м³		на 1 га	на 1000м³	на 1 га	на 1000м³	по СВП	по ЧП
Сурхандарьинская (верховья)	0,53	2380	184	2870	222	0,50	2980	222	3120	234		
Кашкадарьинская	0,46	1762	200	2015	228	0,88	1353	109	1354	109	88	157
Бухарская	0,7	1967	146	2351	161	1,11	1659	104	1757	110	75	145
Самаркандская	0,31	2235	272	2476	312	0,57	1752	228	1535	200	185	350
Итого по среднему течению	0,52	2080	200	2315	224	0,86	1580	140	1513	134	147	235
Хорезмская	0,62	1980	78	2460	96	0,99	1450	75	1610	85	144	225
ККАССР	0,64	1350	37	1479	40,2	1,07	864	49	646	34,6	118	179
Итого по нижнему течению	0,63	1610	50	1884	58,5	1,04	1060	58	977	53,6	135	220
Всего по УзССР	0,58	2000	118	2300	135	0,89	1580	115	1550	112	140	235

* ВП - валовая продукция

** ЧП - чистая продукция

Таблица 2

Сопоставление удельных водно-экономических показателей эффективности орошаемого земледелия в среднем и нижнем течении р. Амударьи (по УзССР), осреднённых за период 1971-1975 и 1986-1988 гг.

Показатели	Среднее течение			Низовья		
	1971- 1975 гг.	1986- 1988 гг.	относит. измен.	1971- 1975 гг.	1986- 1988 гг.	относит. измен.
Площадь орошения, тыс.га	760	1180	1,55	396	719	1,81
Стоимость валовой продукции (растениев.), млн.руб.	1580	1865	1,18	641	763	1,20
Водозабор, тыс.м ³ /га	11,0	12,4	1,13	32,8	18,4	0,56
Минерализация оросит.воды, г/л	0,52	0,86	1,65	0,63	1,04	1,65
Основные фонды (растениев.), руб/га	1500	2660	1,90	1510	3000	1,98
В т.ч. водного хозяйства, руб/га	725	2015	2,78	750	1840	2,45
Годовые затраты, руб/га	985	1620	1,65	975	1080	1,11
В т.ч. зарплата, руб/га	705	815	1,16	505	610	1,20
Трудовзатраты, чел/га	0,61	0,47	0,77	0,47	0,34	0,725
Стоимость валовой продукции растениеводства, руб/га	2080	1580	0,76	1610	1060	0,66

расчета на I гектар) основные фонды возросли практически вдвое, а фонды водного хозяйства – в 2,5 раза при снижении продуктивности орошаемого гектара по среднему течению – на четверть, а по низовьям – на одну треть относительно периода 1971–1975 гг., когда минерализация оросительной воды составляла (соответственно в среднем и нижнем течении) 0,52 и 0,63 г/л, достигнув в 1986–1988 гг. 0,86 и 1,04 г/л. Это означает, что в условиях складывающегося дефицита водных ресурсов осуществление всех необходимых мероприятий сельскохозяйственного производства на орошаемой территории и совершенствование ВХС не смогли предотвратить падения продуктивности сельского хозяйства под влиянием роста минерализации оросительной воды.

Приведённые данные (см. табл. I и 2) свидетельствуют о том, что взаимосвязанный с системой "перекатного" использования ограниченных водных ресурсов процесс нарастания солевого давления во всех ВХР бассейна однозначно предопределил процесс нарастания ущерба. Это ставит проблему деминерализации водоисточников бассейна в ряд главнейших водохозяйственно-экономических проблем и экологически неотложных для бассейна Амударьи.

Эколого-экономическая неотложность решения проблемы (в связи с объявлением Приаралья и ККАССР зоной экологического бедствия) диктует необходимость её расчленения на части по локализации очагов, формирующих солевую опасность.

Одним из первоочередных мероприятий по локализации является отсечка от р. Амударьи наиболее высокоминерализованных КДВ, сбрасываемых с Каршинского и Бухарского ВХР, которые своей массой солей (9–11 млн. т) в значительной мере предопределили солевой режим низовьев и обусловленный им ущерб в орошаемом земледелии, оцениваемый в 400 млн. руб. ежегодно (с учетом Ташаузской области ТССР).

Как показывают расчеты, отсечка КДВ Каршинского и Бухарского ВХР позволит снизить среднегодовую минерализацию в низовьях с 1,0–1,1 до 0,70–0,75 г/л, минерализацию зимне-весеннего периода с 2,0–2,5 до 1,0–1,2 г/л, а летнюю – с 0,85 до 0,55–0,60 г/л; значительно сократить содержание пестицидов, гербицидов, ДДТ и других загрязнителей, поступающих с КД стоком в реку, что будет способствовать снижению напряженности экологической обстановки в

низовьях и даст возможность частично решить проблему питьевого водоснабжения (путём использования Капарасского водохранилища для аккумуляции только паводковых вод с минерализацией до 0,6 г/л). Эффективность этой отсечки оценивается ликвидацией ежегодного ущерба в 400 млн.руб., что в переводе на допустимые капиталовложения на создание системы отсечных каналов, приёмников-испарителей оценивается в 2,0 млрд.руб.

Наличие большого числа естественных понижений и замкнутых впадин (табл.3) позволяет решить проблему отсечки и рассредоточения КДВ Каршинского и Бухарского ВХР в течение короткого времени (год, два).

Впервые вопрос об отсечке КДВ Бухарского и Каршинского ВХР был выдвинут С.А.Полиновым (САНИИРИ) в 1985 г. как неотложное водохозяйственное мероприятие в комплексном решении задачи оптимального территориального распределения по ВХР и управления водными ресурсами в условиях нарастания дефицита и роста минерализации речного стока Амударьи.

Таблица 3

Основные гидрографические характеристики естественных впадин (пригодных для использования)

Впадина	Отметка, м	Объём, км ³	Площадь зеркала, км ²	Слой испарения, м	Испарение с площади в год, млрд.м ³
Денгизкуль (естеств.)	185	4,0	340	2,5	0,85
Денгизкуль (с плотинной)	195	7,30	414	2,5	1,05
Аякагитма	200	12,8	422	2,0	0,85
Караката	200	121	2854	1,8	5,2
Мингбулак	125	169	5110	1,5	7,67
Тудакуль	230	2,55	290	1,8	0,52

Суть предложенных С.А.Полиновым мер по отсечке и утилизации КД стока Каршинского и Бухарского ВХР состоит в следующем.

I вариант – создание единого самотечного отсечного объединителя всех коллекторов Каршинского и Бухарского ВХР (именуемого Карши-Бухарский отсечный коллектор – КБК).

Основные показатели КБК: протяженность трассы 270 км, расчетный расход на первых 130 км – $50 \text{ м}^3/\text{с}$, дальше по длине – до $130 \text{ м}^3/\text{с}$. Емкость впадины Аякагитма – 12,8 млрд. м^3 . Стоимость комплекса КБК определялась в 150 млн. руб. Основные преимущества строительства КБК: лёгкая доступность (трасса проходит вблизи дорог и обжитых территорий), возможность раздельного строительства Каршинского и Бухарского участков, срок строительства – не более 2 лет (по заключению К.А.Ракитина), самотечный вывод вод со всех зон рассматриваемых ВХР (за исключением стока с Алатского района, который по-прежнему будет поступать в оз.Солёное и в нём испаряться). Суть предложения, графические материалы и расчеты были переданы в рабочие группы институтов "Узгипроводхоз" и "Средазгипроводхлопок", однако возможность отсечки КДВ от реки рассматривалась как мера неэффективная и всячески отрицалась.

Учитывая сложившуюся напряженность эколого-экономической обстановки в низовьях, необходимо выбрать такой проект отвода КДВ от Амударьи, который потребует минимума времени и затрат на его осуществление. Если допустить, что такой проект можно реализовать строительством за один год, то капиталовложения в 1,3; 2 и даже 10 млрд. руб. экономически допустимы для выхода из условий нарастания эколого-экономического ущерба в бассейне Амударьи. В этом плане решение проблемы утилизации КДВ в бассейне Амударьи, а в ряде случаев и их захоронения, на современном этапе должно идти по пути рассредоточения и локальной утилизации КДВ в каждом ВХР (по крайней мере, в ближайшие 10 лет).

Применительно к правобережью УзССР в пределах среднего течения реки, где сброс в Амударью КДВ будет постоянно нарастать (в связи с переполнением малоёмких впадин на сбросных коллекторах), необходимо и возможно (по объёмам работ) в течение 1–2 лет перераспределить КД сток Каршинского и Бухарского ВХР с полной отсечкой сбросов в реку.

Свидетельством такой возможности может служить реализация I этапа предложений САНИИРИ – по Каршинскому ВХР: переключение КД стока Южного и Сичанкульского коллекторов на впадину Денгизкуль.

с отключением Параллельного коллектора. В естественных условиях (отметка 185 м) впадина может принять 4 км^3 , при этом площадь испарения составляет 340 км^2 . По данным ТЭО^{ж)}, при слое испарения 2,5 м потери составят 0,85 млрд. м^3 в год. При плотинном же варианте ее емкость равна 7,3 млрд. м^3 , площадь зеркала 414 км^2 и испарение 1,05 млрд. м^3 . Следовательно, при суммарном стоке КДВ по Южному и Сичанкульскому коллекторам в 1 млрд. м^3 в год впадина Денгизкуль в естественных условиях может служить приемником более 10 лет, а при плотинном варианте стать "вечным" приемником для указанного стока.

Впадина в настоящее время принимает 0,4–0,5 млрд. м^3 КДВ, сбрасываемых с Бухарского ВХР по Денгизкульскому сбросу из Параллельного коллектора. Поэтому для отвода в Денгизкуль КД стока Каршинского ВХР необходимо отключение Параллельного коллектора от впадины Денгизкуль (о переключении Параллельного коллектора будет сказано ниже).

Соединение Южного Каршинского коллектора с впадиной Денгизкуль потребует строительства сооружения на ЮКК и прорези (канала) длиной не более 30 км (в отметках от 250 до 190 м) на расход 50–60 $\text{м}^3/\text{с}$. Ориентировочная стоимость объекта (по аналогии с расчетами из ТЭО) 20 млн. руб., а в варианте с плотиной – 50 млн. руб. Для ускорения работ прорезь может быть построена саморазмывом.

По Бухарскому ВХР – для реализации отсечки в один год необходимо строительство Бухарской части объединительного коллектора. По варианту трассы САНИИРИ – это подключение на 155 км (отметка 210 м) к Параллельному коллектору с перехватом 0,4–0,5 млрд. м^3 КДВ, сбрасываемых во впадину Денгизкуль, затем переключение коллекторов Центрального Бухарского (ЦБК), Западно-Рометанского (0,6 млрд. м^3), Северо-Бухарского (0,5–0,7 млрд. м^3) с выходом на впадину Аякагитма. Протяженность трассы 115 км, расчетный расход в начале 20, в конце – 70 $\text{м}^3/\text{с}$.

Ориентировочная стоимость Бухарского объединительного коллектора – 40–45 млн. руб. В настоящее время впадина Аякагитма уже

ж) "Технико-экономическое обоснование строительства магистральных коллекторов для отвода дренажных сбросных вод в бассейне р. Амударьи в Узбекской и Туркменской ССР" (Средазгипроводхоз – пок, 1969)

используется как приемник части КД стока с Навоийской зоны Самаркандской области (Кызылтепинский и Навбахорский районы – до 0,20–0,25 млрд.м³) и с Шафирканского и Гиждуванского районов Бухарской области – до 0,10–0,15 млрд.м³.

Таким образом, при суммарном поступлении во впадину Аякагитма, имеющую ёмкость 12,8 млрд.м³, 1,8–2,0 млрд.м³ минерализованных вод в год срок её заполнения с учетом потерь на испарение с водной поверхности составит не менее 10 лет. В дальнейшем возможно подключение к впадине Караката (расположенной в 30 км от впадины Аякагитма) или вывод части стока по Северобухарскому коллектору в низину Каракыр, а за ней – на обводнение песчаных пространств Кызылкумов и дальше в Аральское море или на обводнение дельты Амударьи.

Реализация I этапа с полной отсечкой сбросов Каршинского и Бухарского ВХР в реку может быть осуществлена в течение 1–2 лет. Общая ориентировочная стоимость 60 млн.руб., а в варианте "Денгизкуль с плотиной" – до 90 млн.руб.

ВЫВОДЫ

Как показали проведенные расчеты, в условиях дефицита водных ресурсов и введения лимитированного водопользования рост минерализации оросительной воды на 0,1 г/л на фоне сокращения удельного водозабора при практически неизменном КЦД орошаемых систем связан с потерей продуктивности (ущербом) по стоимости валовой продукции в 135–147 руб. на орошаемый гектар. Следовательно, при утилизации КДВ, взаимосвязанных системой "переката", необходимо исходить из принципа снижения ущерба как внутри каждого ВХР, так и за его пределами.

Проект отсечки КДВ, предложенный институтом "Средазгипро – водхлопок", по грандиозности, объемам, затратам и срокам строительства не реален в условиях необходимости неотложного решения проблемы.

Сложившаяся напряженная эколого-экономическая обстановка диктует условия расчленения проблемы на части по локализации очагов, формирующих солевую опасность.

Одним из первоочередных объектов локализации являются наиболее высокоминерализованные КДВ, сбрасываемые с Каршинского и Бухарского ВХР. Объем выносимых ими солей в значительной мере (на одну треть) предопределил солевой режим низовьев и ущерб орошаемого земледелия в этой зоне в 400 млн.руб.

В дальнейшем для деминерализации стока р.Амударьи потребуются отсечка от реки еще двух сосредоточенных сбросов Берунийского коллектора, отводящего КДВ с Турткуль-Берунийских земель ККАССР, и Главного левобережного коллектора (ГЛК) в Туркменской ССР. С их отключением прекратится сброс в реку еще 4 млн.т солей, что позволит снизить среднегодовую минерализацию р.Амударьи до 0,60-0,65 г/л и устранить экологическую напряженность в вопросе снабжения населения низовьев питьевой водой,

Отводимые с правобережья ККАССР КДВ могут быть использованы на обводнение дельты, а воды ГЛК — на обводнение пастбищ в левобережной зоне Чарджоуской области.

Наведение порядка в водопользовании Таджикской ССР, прекращение переборов, сбросов оросительной воды в КДС будут способствовать снижению минерализации также и в верхнем течении р.Амударьи.

В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук
(НПО САНИИРИ)

РАСЧЕТ УРОЖАЙНОСТИ РИСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ НА ОРОШЕНИЕ

В условиях истощения водных ресурсов, возрастающих требований к охране окружающей среды особое значение приобретает использование на орошение минерализованных коллекторно-дренажных вод как дополнительного источника оросительной воды и эффективного природоохранного мероприятия.

Возможность использования минерализованной воды для орошения риса изучалась многими исследователями / 6, 7, I4, I5, I6, I7 /. Проводились эксперименты по определению влияния минерализации оросительной воды на урожайность риса при различной вертикальной фильтрации / II, I7 /. Однако большинство рекомендаций справедливы лишь для природнохозяйственных условий, аналогичных тем, в которых проводились опыты, и не могут служить основой для проектирования мелиоративных мероприятий, обеспечивающих технико-экономическую эффективность использования минерализованных вод на орошение риса в иных условиях.

Представляет большой интерес разработка методики определения урожайности риса и его водопотребления при орошении минерализованной водой в зависимости от дренированности территории, мелиоративного состояния и других факторов.

Важнейшим фактором, определяющим мелиоративное состояние рисовых полей, является дренированность земель, которая количественно может характеризоваться величиной вертикальной фильтрации воды в почву. Установлена существенная зависимость урожая риса от вертикальной фильтрации и предложены различные виды этой зависимости /8, IO, I7, I8, 20/.

Приведём следующий вид:

$$\bar{y} = a + b\bar{v} + c\bar{v}^2, \quad (I)$$

где $\bar{y} = \frac{y}{y_0}$; $\bar{v} = \frac{v}{v_0}$,

a, b, c – эмпирические коэффициенты;

y – текущая урожайность; y_0 – максимальная урожайность; v_0 – вертикальная фильтрация, соответствующая максимальной урожайности;

V – вертикальная фильтрация, соответствующая текущей урожайности.

Урожайность риса также тесно связана с засолением. Проведено достаточно много исследований, позволяющих количественно охарактеризовать данную форму связи. На основе анализа данных / 3, 4, 5, 6, 15, 19 / приведём линейную аппроксимацию этой зависимости:

$$\bar{y}_0 - y = 18,65 ; \quad C_0 = 1,90 \text{ г/л} \quad (2)$$

где

$\bar{y}_0$ – относительная урожайность риса при орошении водой хорошего качества; C_0 – предельная минерализация поровой воды в корнеобитаемом слое, после которой начинается снижение урожая; C_{cp} – минерализация почвенной влаги в корнеобитаемом слое.

Таким образом, зная среднюю концентрацию солей в корнеобитаемом слое, возникающую при орошении минерализованной водой на фоне известной дренированности, нетрудно определить, используя (1) и (2), урожайность и необходимое водопотребление при соответствующей дренированности.

Найдём концентрацию солей в корнеобитаемом слое рисового чека, исходя из известной концентрации оросительной воды.

Следует отметить, что рис, пожалуй, единственная культура, у которой концентрация солей в оросительной воде не соответствует содержанию солей в воде, поступающей в корнеобитаемый слой, так как концентрация солей в воде рисового чека формируется, с одной стороны, под влиянием поступления оросительной воды в чек, а с другой – физического испарения со свободной поверхности воды в чеке.

Допуская, что суммарное испарение слабо зависит от урожая риса / 13, 20 / и предполагая, что по площади рисового чека можно

осреднить концентрацию солей в воде в плане и в разрезе рисового чека, найдём среднюю концентрацию солей в воде в чеке на любой момент времени от начала заполнения:

$$C_z = C_{op} \frac{\int_0^t \beta(t) dt}{\int_0^t d(t) dt} + \frac{\int_0^t \beta(t) dt}{\int_0^t d(t) dt} \frac{\int_0^t d(t) dt}{\int_0^t d(t) dt} dt \quad (3)$$

$$\beta(t) = \frac{C_n}{W_z} \quad d(t) = \frac{V + U_{tr} + P}{W_z},$$

где

- C_{op} - концентрация солей оросительной воды в период заполнения чека;
- W_n - поступление воды в чек, изменяющееся во времени за вегетацию; W_z - объём воды в чеке;
- V - фильтрация в почву; U_{tr} - транспирация;
- P - технологические сбросы; C_n - минерализация воды, поступающей в чек.

Здесь принято, что для нормально работающего дренажа на рисовой карте выклинивание грунтовых вод отсутствует, хотя на практике это может иметь место. При наличии такого явления рассматриваемая задача теряет смысл.

Нетрудно заметить, что при достаточно большой концентрации воды в чеке C_z можно найти по более простой зависимости:

$$C_z = \frac{W_n \cdot C_n + W_z \cdot C_{op}}{V + U_{tr} + P} \quad (4)$$

Предположение однородности концентрации по чеку является иногда довольно сильным допущением, определяющимся степенью планировки чека и глубиной воды в нём, неоднородностью в плане вертикальной фильтрации, зависящей, в свою очередь, от параметров дренажа.

Практическая оценка (3) и (4) показывает, что при относитель-



но невысокой минерализации вполне допустимо применять зависимость (4). Однако при использовании воды, минерализация которой близка к предельной допустимой для риса, необходимо использовать зависимость (3) для разработки мероприятий по своевременному регулированию качества воды в чеке (путём увеличения объёма технологических сбросов, повышения дренированности и т.д.).

После установления минерализации воды, поступающей в затопленную почву, найдём среднее содержание солей в корнеобитаемом слое, определяющееся отбором влаги корневой системы риса и величиной вертикальной фильтрации.

Допустим, что в пределах затопленного корнеобитаемого слоя фильтрационный поток под рисовым чеком с известным приближением можно считать одномерным, хотя следует заметить, что расчет фильтрации и движения солей в двумерной постановке для затопленного слоя принципиальных трудностей не вызывает, лишь увеличивается объём вычислений при практически той же точности расчета.

Зная величину транспирации риса и степень дренированности рисовой системы, по которой в данном случае должна приниматься вертикальная фильтрация, нетрудно, используя имеющиеся решения / 1 /, найти распределение солей в корнеобитаемом слое. Вместе с тем, многими исследователями отмечается существенное влияние интенсивности отбора влаги корнями растений на распределение солей / 2, 9 / поэтому расчет распределения солей в корнеобитаемом слое риса целесообразно провести с учетом интенсивности отбора влаги корневой системой.

Корневая система риса мочковатая с максимальным расположением корней в интервале 5-15 см и максимальной глубиной до 50 см. Это позволяет аппроксимировать плотность распределения корневой системы риса ломаной линией (рис. I а). Считая, что объём отбора влаги корнями риса прямо пропорционален плотности корневой системы, можно представить скорость отбора влаги корнями растений и скорость инфильтрации также в виде ломаной линии (рис. I б и в). Нетрудно заметить, что этот случай может быть сведён к рассмотренному в / 9 /, поэтому воспользуемся полученным там решением

$$C_x = \left[C_r - C_n \exp\left(\frac{\ell}{\lambda}\right) Si\left(\sqrt{\lambda} \cdot x\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{\ell - \lambda}{x}\right), \quad (5)$$

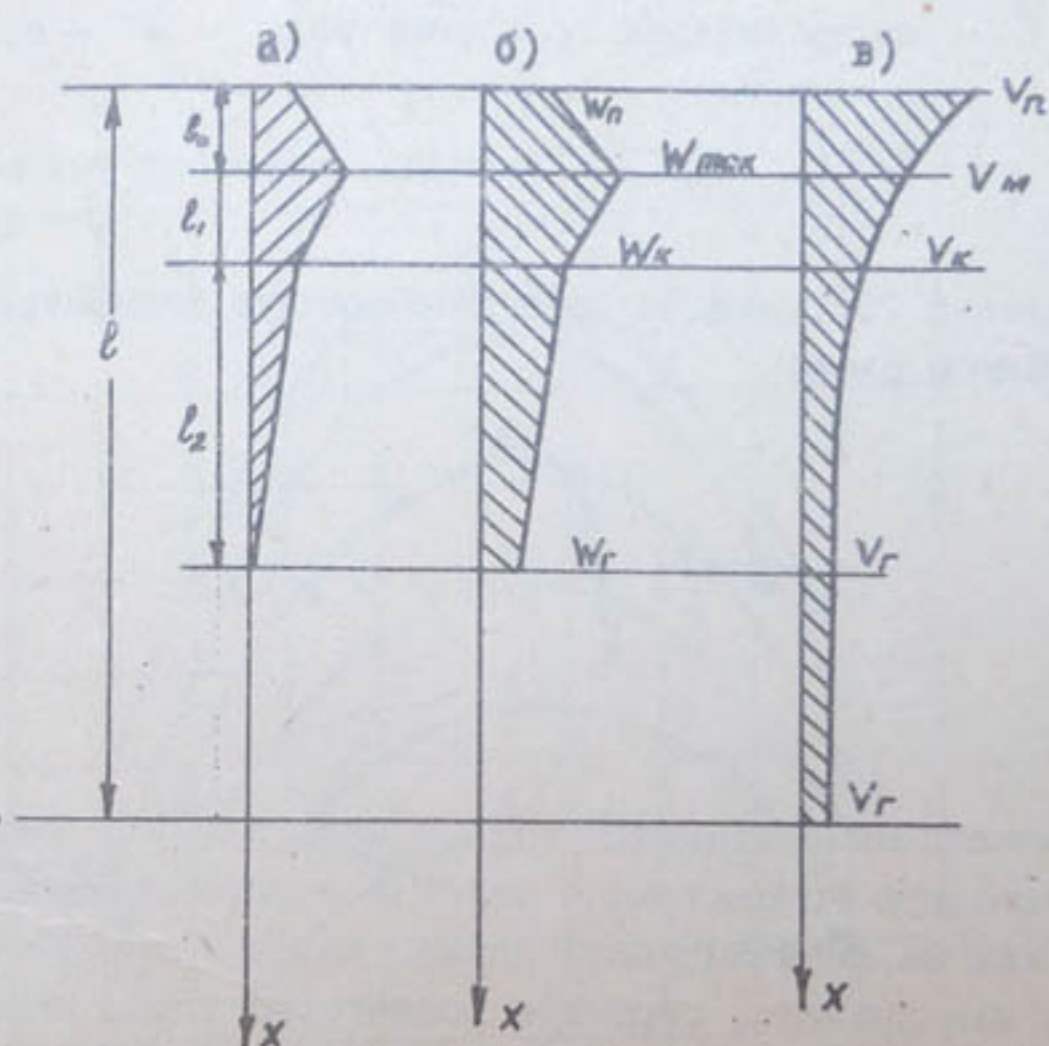


Рис. I. Схемы распределения корневой системы риса (а), интенсивности отбора влаги корнями (б) и скоростей нисходящих токов (в) в почвенном слое рисового чека.

где C_x - концентрация солей в почвенной влаге корнеобитаемого слоя на глубине x ;
 ν_i - удельный расход влаги в корнеобитаемом слое;
 C - минерализация грунтовых вод; λ - параметр дисперсии;
 $Si(\nu_i, -\lambda, x)$ - функция, подробно рассмотренная в / 9 /.

Используя (5), найдём средневзвешенную концентрацию солей в корнеобитаемом слое:

$$C_{гр} = \frac{1}{\ell_2} \int_0^{\ell_2} C_x(\nu_i, -\lambda, x) dx. \quad (6)$$

Определив минерализацию воды в чеке по (3), найдём по (6) средневзвешенную концентрацию солей в корнеобитаемом слое.

Так как за вегетационный период через корнеобитаемый слой проходит, как правило, огромное количество воды, минерализацию грунтовых вод на глубине 1,5-2 м следует находить по зависимости

$$\frac{\nu \cdot C_v + U_{гр} \cdot C_v}{\nu} = C_{гр}.$$

Задаваясь минерализацией оросительной воды и определив минерализацию воды в чеке по (4), найдём по (6) концентрацию солей в корнеобитаемом слое $C_{ср}$. Из формул (2) и (1) определим урожайность риса при заданной концентрации солей в оросительной воде и различной вертикальной фильтрации:

$$y = a + b\nu + c\nu^2 - 18,6 \left[\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell_2} Si(\nu_i, -\lambda, x) dx - C_0 \right]. \quad (7)$$

На рис. 2 приведены результаты расчетов по зависимости (7). Расчет проводился для среднего течения р. Сырдарьи при испарении

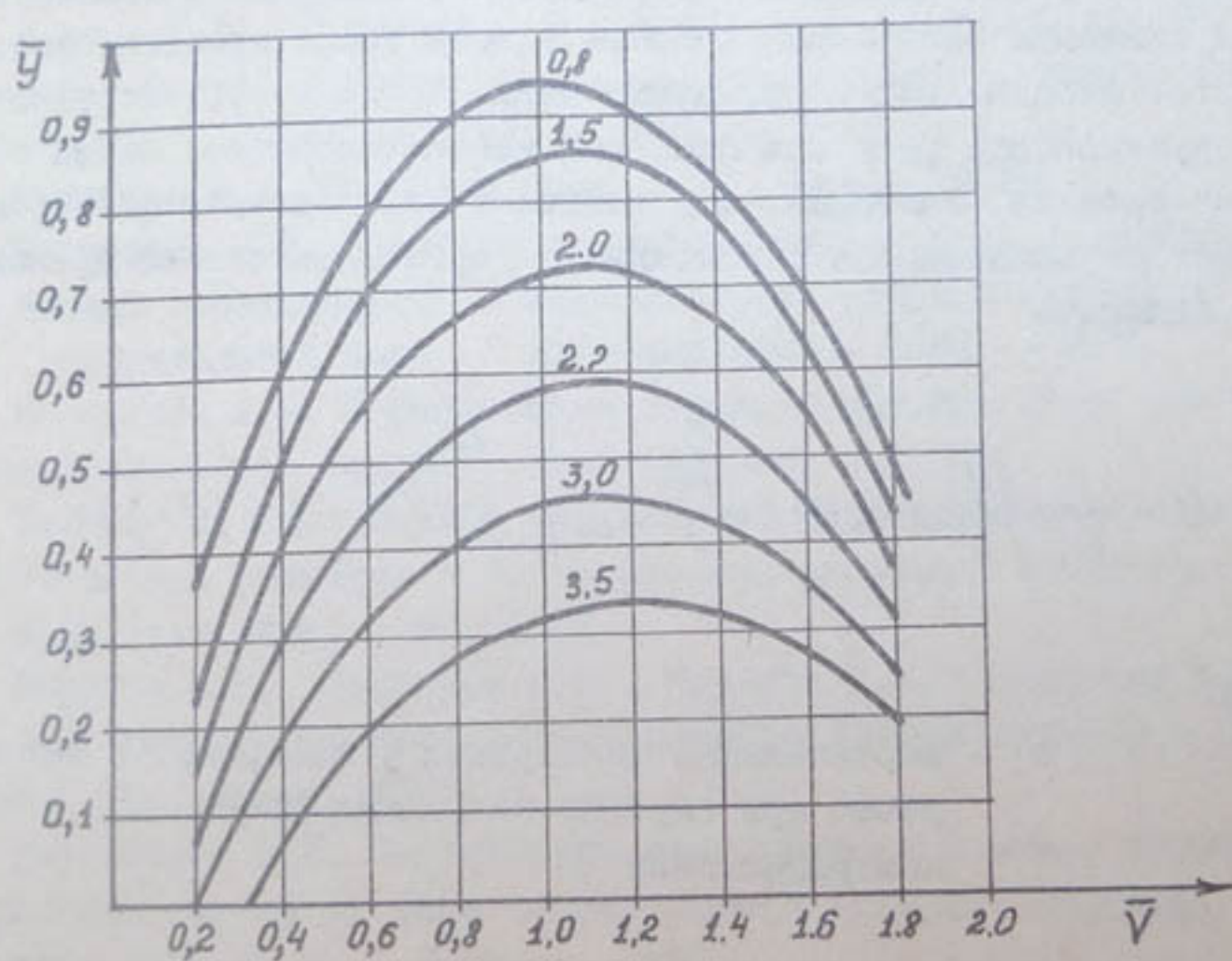


Рис. 2. Зависимость урожая риса от вертикальной фильтрации при орошении минерализованной водой:

$$\bar{y} = \frac{y_i}{y_{\max}} ; \quad \bar{V} = \frac{V_i}{V_{\text{опт}}}$$

с водной поверхности растений риса – 550 мм, транспирации риса – 310 мм и оросительной норме – 25 тыс. м³. Как следует из расчетов, при отсутствии специальных технологических приёмов, регулирующих качество воды в чеке, уже при минерализации оросительной воды 1,5 г/л наблюдается снижение урожайности.

Таким образом, при использовании минерализованных вод на орошение риса необходимо затрачивать значительное количество воды для снижения концентрации солей в воде чека, применяя либо проточность, либо полное опорожнение чека. Кроме того, нетрудно увязать продуктивность риса при орошении минерализованной водой с параметрами дренажа. Учитывая, что величина вертикальной фильтрации зависит от междренного расстояния и глубины заложения дренажа, можно записать

$$y = \frac{1}{L} \int_0^L \left\{ [a + b, v + cv^2] - d_0 \left[\frac{1}{\ell_2} \int_0^{\ell_2} \operatorname{Si}(vi - \lambda, x) dx \right] \right\} dy, \quad (8)$$

где

V – вертикальная фильтрация у поверхности затопленной почвы при глубине заложения дрены H_0 и междренным расстоянием L .

Возможный урожай на рисовом поле при орошении минерализованной водой определится сочетанием глубины заложения дренажа H и междренного расстояния L , при котором достигается соответствующее распределение скоростей фильтрации.

Список использованной литературы

И. Аверьянов С.Р. Некоторые вопросы предупреждения засоления орошаемых земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР // Орошаемое земледелие в Европейской части СССР. – М.: Колос, 1965.

2. Айдаров И.П., Хачатурян В.Х. О влиянии корневой системы сельскохозяйственных растений на характер перераспределения солей в почвогрунтах // Физическое и математическое моделирование в мелиорации. - М.: Колос, 1973.

3. Алешин Е.П., Воробьев Н.В., Журба Т.П. Формирование элементов структуры урожая риса в условиях засоления при различной густоте стояния риса // Агрохимия. - 1986. - № 7.

4. Алешин Е.П., Воробьев Н.В., Журба Т.П. Снижение урожайности риса на засоленных почвах в результате нарушения калийного питания растений // Докл. ВАСХНИЛ. - 1987. - № 4.

5. Андрюшин М.А. Орошение риса. - М.: Колос, 1977.

6. Барчукова А.Я. Развитие и продуктивность риса в зависимости от степени засоленности и минерализации почвы и минерализации оросительной воды // Почвоведение. - 1982. - № 7.

7. Барчукова А.Я. Формирование корневой системы риса при поливе минерализованной водой // Почвоведение. - 1984. - № 2.

8. Бегишев Ш. Комплексное управление водно-воздушным, солевым и питательным режимами почв на рисовых системах. Автореф. дисс... канд.техн.наук. - М.; 1982.

9. Веригин Н.Н., Васильев С.В., Курапов Н.П., Саркисян В.С., Шульгин Д.Ф. Методы прогноза водно-солевого режима грунтов и грунтовых вод. - М.: Колос, 1979.

10. Даулетбаев Б.У. Особенности формирования водно-солевого режима рисовых систем на фоне вертикального дренажа: Автореф. дисс... канд.техн.наук. - Ташкент, 1987.

11. Джумабеков А.А., Тулебаева Г.А. Влияние минерализации поливной воды и вертикальной фильтрации на продуктивность риса // Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане. - Ташкент, САНИИРИ, 1982.

12. Кибальников С.В. Автоматизация рисовых оросительных систем. - М.: Агропромиздат, 1985.

13. Нодзима К. Орошение и дренаж // Теория и практика выращивания риса. - М.: Колос, 1965.

14. Поляков Ю.Н. Повторное использование оросительной воды на Кубани // Строительство и эксплуатация рисовых оросительных систем. - М.: Колос.

15. Рамазанов А.Р. Рис на засоленных землях низовьев Аму-

дарьи. - Ташкент: Узбекистан, 1983.

16. Рамазанов А., Саятов К., Матмурадов Д. Использование дренажно-сбросных вод на орошение риса // Строительство и эксплуатация рисовых оросительных систем. - М.: Колос, 1984.

17. Ray A.P. Водораспределение на рисовых системах. - М.: Агропромиздат, 1988.

18. Сапаров П. Повышение работы рисовых оросительных систем на основе их реконструкции. Автореф. дисс... канд. техн. наук. - Ташкент, 1987.

19. Тулякова З.Ф. Рис на засоленных землях. - М.: Колос, 1978.

20. Фукуда Х., Цуцуи Х. Орошение риса в Японии. - М., ЦЕНТИ, 1976.

А.Р.Рамазанов, докт.с.-х.наук
В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук

(НПО САНИИРИ)

О ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Важнейшей народнохозяйственной проблемой Приаральского региона является коренное улучшение сложившейся водохозяйственной обстановки, повышение занятости трудовых ресурсов и обеспечение быстрорастущего населения продовольствием. Допущенные в последние 25-30 лет диспропорции в темпах ввода новых земель в сельскохозяйственный оборот без учета имеющихся водных ресурсов привели к устойчивому дефициту воды в Среднеазиатском регионе, загрязнению основных водных источников, резкому снижению уровня воды в Аральском море.

Строгое лимитирование воды в разрезе отдельных районов и областей заставило хозяйства использовать коллекторно-дренажные воды для орошения сельскохозяйственных культур. Только в 1989 г. в Узбекской ССР объем коллекторно-дренажных вод, используемых для нужд сельскохозяйственного производства, составил 630 млн.м³. В настоящее время накоплен определенный опыт использования минерализованных вод в орошаемой зоне в качестве дополнительного источника орошения. Однако в большинстве случаев условия и технология их применения не соответствуют нормативным документам, разработанным в ведущих научно-исследовательских организациях республики. Из-за подачи на поля коллекторно-дренажных вод с минерализацией, превышающей допустимую, происходит увеличение водорастворимых солей в корнеобитаемой толще почвы.

С другой стороны, строгое лимитирование воды способствовало резкому уменьшению удельной водоподдачи на единицу площади орошаемого поля как в вегетационный, так и в невегетационный период, в связи с чем на подверженных засолению землях практически не поддерживался промывной режим. На значительной площади орошаемой зоны, где распространены почвы со средней и сильной степенью засоления, не удаётся осуществлять систематические промывные поливы нормами, необходимыми для опреснения почв до оптимальных пре-

делов. Повсеместно нарушается технологический режим промывок.

Только с 1980 по 1988 год при существующем техническом состоянии и уровне эксплуатации ирригационно-мелиоративных систем удельный водозабор в целом по Узбекской ССР с 18 тыс.м³/га (1980 г.) уменьшился до 15,1 тыс.м³/га (табл.1).

Таблица I

Удельная водоподача по Узбекской ССР
за 1980-1988 гг.

Область	1980 г.		1988 г.	
	годовая	в невегетационный период	годовая	в невегетационный период
ККАССР	33,8	10,8	18,71	3,83
Андижанская	18,4	3,74	13,60	3,22
Бухарская	18,3	5,15	15,92	4,68
Джизакская	9,2	1,63	10,32	2,82
Кашкадарьинская	13,4	1,87	14,49	4,02
Наманганская	18,20	4,0	13,76	3,20
Самаркандская	10,1	0,90	11,55	2,69
Сурхандарьинская	16,4	1,99	17,17	3,53
Сырдарьинская	13,20	3,73	11,48	3,26
Ташкентская	15,03	1,08	16,03	3,42
Ферганская	19,20	5,48	15,95	3,75
Хорезмская	32,1	9,16	20,33	5,11
По республике	18,0	4,02	15,15	3,70

В результате снижения удельного водозабора в районах орошаемой зоны в последние годы наметился хотя и медленный, но довольно устойчивый процесс реставрации засоления почв. Площадь средне- и сильнозасоленных земель заметно увеличилась, особенно на территориях ККАССР, Бухарской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Сырдарьинской областей (табл.2).

Многочисленными наблюдениями установлено, что при прочих

Таблица 2

Изменение засоления почв УзССР за
период 1970-1987 гг.

Область	Год	Изменение засоления почв, % от орошаемой площади			
		незасо- ленные	слабозасо- ленные	средне- засолен- ные	сильно- засолен- ные
Каракалпакская АССР	1970 ^{х)}	0,6	60,9	27,9	10,6
	1987 ^{хх)}	9,4	38,0	37,7	14,9
Андижанская	1970	81,30	5,7	11,3	1,7
	1987	77,0	14,9	5,0	3,1
Бухарская	1970	14,2	59,6	21,3	4,9
	1987	4,7	62,9	25,1	7,3
Кашкадарьинская	1970	50,0	44,6	3,4	2,0
	1987	38,8	37,3	17,6	6,3
Наманганская	1970	79,3	13,3	5,7	1,7
	1987	94,4	3,9	1,6	0,1
Самаркандская	1970	81,7	16,5	1,5	0,3
	1987	85,2	12,9	1,8	0,1
Сурхандарьинская	1970	71,8	19,4	8,8	-
	1987	65,5	20,7	11,4	2,4
Сырдарьинская	1970	40,3	34,0	17,3	8,4
	1987	24,0	33,5	30,2	11,7
Ташкентская	1970	68,9	26,3	4,8	-
	1987	89,8	9,2	0,9	0,1
Ферганская	1970	34,5	43,4	18,5	3,6
	1987	83,9	10,4	3,3	2,4
Хорезмская	1970	41,5	35,6	18,5	4,4
	1987	28,6	51,8	13,5	6,1
По республике	1970	52,5	31,4	12,3	3,5
	1987	49,6	28,6	15,6	6,2

х) - по материалам почвенной съёмки
хх) - по материалам солевой съёмки

равных условиях агротехники (обработка почвы, система удобрений, режим орошения) увеличение засоления в почве сопровождается уменьшением её плодородия и снижением производительной способности. Об этом же свидетельствует снижение урожайности ведущей культуры севооборота – хлопчатника (табл.3).

Таблица 3

Посевные площади и урожайность хлопчатника по областям УзССР

Область	1980 г.		1988 г.	
	посевная площадь, тыс. га	урожайность, ц/га	посевная площадь, тыс. га	урожайность, ц/га
УзССР	133,7	32,2	164,8	22,6
Андижанская	182,3	34,9	174,1	25,3
Бухарская	168,1	37,5	143,2	32,1
Джизакская	143,3	24,7	- х)	- х)
Кашкадарьинская	197,0	29,6	241,8	22,8
Наманганская	136,0	35,0	144,6	29,3
Самаркандская	174,0	35,6	214,7	25,4
Сурхандарьинская	153,1	35,5	162,2	30,6
Сырдарьинская	160,5	26,2	316,3	23,0
Ташкентская	135,9	35,7	141,1	28,9
Ферганская	188,8	32,9	191,9	28,4
Хорезмская	105,0	42,1	122,0	32,6
По Узбекской ССР	1877,7	33,3	2016,7	26,6

х) Территория в 1988 г. входила в состав Сырдарьинской области.

Улучшение сложившейся критической обстановки предполагается осуществить водохозяйственными мерами – снижением удельного водопотребления, что будет достигнуто в основном за счет капиталоемких и трудновыполнимых мероприятий, направленных на повышение технического уровня оросительных систем, и совершенствования эксплуатации ирригационно-мелиоративных систем.

Однако в условиях практически полного исчерпания водных ресурсов в регионе, а также необходимости сохранения орошаемого земледелия хотя бы на современном уровне и осуществления крупномасштабных природоохранных мероприятий такое решение не даст желаемого результата.

Проблемы водного хозяйства, охраны водоземельных ресурсов и орошаемого земледелия нельзя решить без коренного пересмотра политики сельскохозяйственного производства в республиках Среднеазиатского региона. Эта политика должна предусматривать не только снижение удельного водопотребления и экономию воды, но и одновременно увеличение производства сельскохозяйственной продукции на единицу используемых для орошения водных ресурсов, что возможно только за счет резкого увеличения трудозатрат.

Иначе говоря, если до настоящего времени в орошаемом земледелии сохранился и реализуется принцип сельскохозяйственного производства, заключающийся в лозунге "вода дешевле труда и материальных ресурсов", то должны быть созданы юридические, экономические и политические предпосылки для реализации принципа "вода дороже труда и материально-технических ресурсов".

Необходимо отметить, что до последнего времени сельскохозяйственное производство в орошаемой зоне региона было ориентировано на преимущественное развитие хлопководства. В связи с этим оценку засоленности земель проводили по реакции хлопчатника на засоление почв, хотя, пожалуй, именно эта культура имеет наивысшую солеустойчивость среди культур, возделывавшихся в регионе. Как следует из табл. 4, составленной по материалам различных организаций и характеризующей устойчивость различных культур к почвенному засолению, для культур со средней солеустойчивостью (кукуруза, картофель и др.) почти все орошаемые земли Каракалпакии и Бухарской области средне- и сильнозасоленные. А по отношению к слабосолеустойчивым культурам практически все земли относятся к сильнозасоленным и возделывание сельскохозяйственных культур со слабой и даже средней солеустойчивостью становится нерентабельным. Слабосолеустойчивые культуры (например, морковь) полностью гибнут при той степени засоления почвы, которая для хлопчатника является незасоленной. Даже традиционные культуры хлопкового севооборота — люцерна и кукуруза — при слабом засоле-

Зависимость ущербов урожаев сельскохозяйственных культур от засоленности почв, %

Культура	Чувствительность культур и засоленность почв (пл.ост. при $d = 1,35-1,5 \text{ г/см}^3$)			
	нормальное развитие растений (незасоленные)	слабое угнетение, ущерб 10-28 % (слабозасоленные)	среднее угнетение, ущерб 20-50 % (среднезасоленные)	сильное угнетение, ущерб 50-80 % (сильнозасоленные)
Сахарная свёкла	<0,13-0,17	0,17-0,26	0,26-0,38	0,38-0,51
Ячмень	<0,12-0,15	0,15-0,21	0,21-0,32	0,32-0,42
Сорго	<0,10-0,12	0,12-0,19	0,19-0,30	0,30-0,41
Люцерна	<0,043-0,049	0,049-0,11	0,11-0,22	0,22-0,32
Кукуруза	<0,034-0,042	0,042-0,08	0,08-0,14	0,14-0,20
Картофель	<0,034-0,042	0,042-0,08	0,08-0,14	0,14-0,20
Капуста	<0,037-0,044	0,044-0,095	0,095-0,17	0,17-0,25
Морковь	<0,02-0,025	0,025-0,06	0,06-0,11	0,11-0,17
Хлопчатник	<0,15-0,18	0,18-0,30	0,30-0,50	0,50-0,80

нии для хлопчатника терпят около половины возможного урожая.

Столь высокая степень различия в реакции на засоление почв сельскохозяйственных культур, возделываемых в регионе, указывает на необходимость коренного пересмотра тактики и стратегии орошаемого земледелия на засоленных землях.

Совершенно очевидно, что на засоленных или подверженных засолению землях должны возделываться культуры с высокой степенью солеустойчивости - хлопчатник, сахарная свёкла, джугара (сорго), суданская трава, ячмень кормовой, пшеница. Только эти культуры в состоянии обеспечить экономически оправданную урожайность и высокую рентабельность орошаемого земледелия на этих землях. Культуры со слабой и средней солеустойчивостью должны быть пере-

мещены на земли с меньшей степенью засоления и незасоленные.

В сложившейся в регионе водохозяйственной обстановке, по-видимому, правильное было бы при планировании, расчете и проведении промывных поливов засоленных или подверженных засолению земель не стремиться к тому, чтобы достичь уровня рассоления, при котором можно возделывать слабосолеустойчивые культуры. Для этого потребуется значительное количество воды, а из-за высокой динамичности солевых процессов в корнеобитаемой толще практически не удастся создать благоприятный солевой режим для этих культур. Как видно из табл.5, размеры промывных норм, необходимых для допромывки земель под слабосолеустойчивые культуры, в сравнении с хлопчатником значительно превышают рекомендуемые пределы.

Таблица 5

Промывные нормы, необходимые для рассоления почвы под слабосолеустойчивые культуры

Культура	Допустимые пределы солесодержания для хлоп- чатни- ка	Незасоленные		Слабозасоленные	
		0,15 %	0,19 %	0,25 %	0,30 %
Сахарная свёкла		$\frac{0,13}{810}$	$\frac{0,17}{630}$	$\frac{0,2}{1260}$	$\frac{0,25}{1030}$
Ячмень		$\frac{0,12}{1260}$	$\frac{0,15}{1330}$	$\frac{0,16}{2520}$	$\frac{0,20}{2290}$
Сорго		$\frac{0,10}{2290}$	$\frac{0,12}{2590}$	$\frac{0,14}{3270}$	$\frac{0,17}{3210}$
Люцерна		$\frac{0,043}{7050}$	$\frac{0,049}{7650}$	$\frac{0,081}{6360}$	$\frac{0,098}{6320}$
Кукуруза		$\frac{0,034}{8380}$	$\frac{0,042}{8520}$	$\frac{0,061}{7690}$	$\frac{0,074}{7900}$
Картофель		$\frac{0,034}{8380}$	$\frac{0,042}{8520}$	$\frac{0,061}{7690}$	$\frac{0,074}{7900}$
Морковь		$\frac{0,02}{11380}$	$\frac{0,025}{11450}$	$\frac{0,042}{9940}$	$\frac{0,049}{10230}$

Примечание. В числителе - засоление, %; в знаменателе - промывная норма, м³/га.

В связи со сказанным, мелиоративным службам ММ и ВХ, Госагропрома региона необходимо совместно с научно-исследовательскими институтами разработать методику оценки мелиоративного состояния земель с учетом солеустойчивости возделываемых культур, а не оценивать состояние земель, исходя из реакции хлопчатника на степень засоления почвы. Оценку засоления почв в разрезе хозяйств, отделений и бригад следует представить так, чтобы землепользователь или планирующие органы могли определить уровень планируемой урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от почвенного засоления и, следовательно, установить степень возможного ущерба от засоления. Проектные организации должны пересмотреть нормативы проектирования мелиоративных систем, состав мероприятий, режим орошения и нормы промывных поливов на засоленных землях, исходя из существенных различий в солеустойчивости культур.

Х.И. Якубов, канд. техн. наук
О.М. Белоусов

(НПО САНИИРИ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОМЫВНОЙ НОРМЫ ПРИ ПРОМЫВКАХ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОДОЙ ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

В последнее время в республиках Средней Азии и Южном Казахстане широко практикуется промывка засоленных земель водой повышенной минерализации. Это вызвано острым дефицитом водных ресурсов и необходимостью наиболее рационального их применения.

Однако использование минерализованных вод на промывку без научно обоснованных разработок чревато серьезными негативными последствиями, такими, как резкое ухудшение питательного режима почв, ухудшение водно-физических свойств почв и др.

Вместе с тем расчет промывных норм при промывках водой повышенной минерализации по имеющимся зависимостям не получил распространения в практике проектирования промывок. Это объясняется в первую очередь тем, что существующие зависимости, как правило, содержат большое число параметров, которые, зачастую, неизвестны, и для их определения требуются специальные опытно-мелиоративные исследования. В этих случаях расчет промывных норм рекомендуется выполнять по зависимостям, полученным для пресной промывной воды [1].

В связи с этим мы попытались разработать зависимость для расчета промывных норм при промывке засоленных земель водой повышенной минерализации

$$N = 10000 \alpha \lg \frac{S_n - \beta C_{пр}}{S_k - \beta C_{пр}}, \quad (I)$$

где N - промывная норма, м³/га;

S_n - начальное содержание солей (до промывки) в метровом слое почвы, % от веса сухой почвы;

S_k - конечное (требуемое) содержание солей в метровом слое почвы (после промывок), % от веса сухой почвы;

α - показатель солеотдачи по В.Р.Волобуеву;

- $C_{\text{пр}}$ – минерализация промывной воды, г/л;
 β – параметр формулы, определяющий распределение массы расчетного компонента солей между твердой и жидкой фазами почвы.

Зависимость (I) содержит минимально необходимое число параметров и проста в употреблении. Многолетняя проверка, выполненная по материалам опытно-производственных промывок в Голодной степи и Ферганской долине, показала, что данная зависимость с необходимой для практики точностью определяет процесс опреснения засоленных почв при промывках водой повышенной минерализации.

Формула (I) является аналогом формулы В.Р.Волобуева [2], разработанной для промывок пресной водой

$$N = 10000 \propto \lg \frac{S_H}{S_K} . \quad (2)$$

Заметим, что при $C_{\text{пр}} = 0$ зависимость (I) переходит в зависимость (2). В обоих случаях предполагается, что промывка осуществляется в условиях удовлетворительного отвода промывных вод.

Вывод формулы (I) основывается на следующих предпосылках.

При промывках срабатывает закон действующих масс, когда сорбционная ёмкость почвы пропорциональна концентрации промывной воды

$$\frac{S}{C} = \beta , \quad (3)$$

где β – величина постоянная.

Это положение нашло подтверждение в практике гидрогеологических и мелиоративных расчетов [3].

Допустим, что количество солей, выносимых из метрового слоя почвы промывной водой, прямо пропорционально количеству поданной воды и тому содержанию солей, находящихся в почве, которое может быть вынесено водой данной минерализации в соответствии с (3), т.е.

$$ds = \alpha (S - \beta C_{\text{пр}}) dN, \quad (4)$$

где $\bar{\alpha}$ - коэффициент пропорциональности.

Решая уравнение (4) при граничном условии $N = 0, S = S_H$ (т.е. перед промывкой, когда $N = 0$, засоление почвогрунта составляло $S = S_H$), получим зависимость (I), где $\alpha = 2,3/\bar{\alpha}$.

Известно, что коэффициент солеотдачи α тщательно определяли для почв различного механического состава и различных типов засоления. Что касается коэффициента β , то он определялся и корректировался на основе данных результатов промывок, проводимых в различные годы на опытно-производственных участках САНИИРИ в Голодной степи и Ферганской долине (см. табл. I).

Таблица I

Значение коэффициентов α и β в зависимости (I) для почв различного механического состава при хлоридно-сульфатном засолении

Механический состав почв	Коэффициент β	Коэффициент α
Супесчаные, в том числе легкие супеси со свободной солеотдачей	0,007-0,009	0,4-0,5
Легкие суглинки	0,015	0,55
Среднесуглинистые почвы	0,020	0,85
Тяжелые суглинки	0,022	0,92
Глинистые почвы	0,023-0,025	0,95-1,05

Значения коэффициентов α и β приведены для случаев расчета промывных норм с учетом начального и конечного содержания хлор-иона в метровой толще почвы. Здесь необходимо отметить, что для глинистых почв с гипсированными прослойками и низкой солеотдачей коэффициент α может принимать значения до 2,6 [4].

Из зависимости (I) видно, что она отражает следующие показатели процесса опреснения почв при промывке водой повышенной минерализации:

промывной способностью обладает вода, минерализация которой удовлетворяет неравенству $C_{\text{пр}} < S_{\text{н}/\beta}$; промывка водой, минерализация которой $C_{\text{пр}} > S_{\text{н}/\beta}$ приведет к засолению почвогрунтов;

предел возможного рассоления почв $S_{\text{пред}}$ промывной водой минерализации $C_{\text{пр}}$ определяется равенством $S_{\text{пред}} = \beta \cdot C_{\text{пр}}$.

Однако назначать $S_{\text{к}}$, близкое к значению $S_{\text{пред}}$, не рекомендуется ввиду того, что на промывку потребуется большое количество воды повышенной минерализации, что в конечном счете может негативно сказаться на плодородии и водно-физических свойствах промываемых почв, а также на экологическом состоянии поля.

С некоторым приближением параметр β может быть определен как частное от деления содержания солей в верхнем слое почвогрунта, покрытого грунтовой водой, на минерализацию грунтовой воды того же слоя. Причем чем ближе к поверхности земли залегают грунтовые воды, тем точнее можно рассчитать параметр β .

Параметр β определяется по данным опытно-производственных промывок следующим образом.

Пусть имеется ряд результатов опытных промывок на почвогрунтах одинакового типа засоления и одинакового механического состава с известным параметром солеотдачи α и каждый i -ый опыт характеризуется набором данных N^i , $S_{\text{н}}^i$, $S_{\text{к}}^i$, $C_{\text{пр}}^i$.

Найдём параметр β согласно требованиям метода наименьших квадратов таким, чтобы сумма отклонений расчетных промывных норм от фактических была минимальной, т.е.

$$\delta(\beta) = \sum_{i=1}^K \left(N^i - 10000 \cdot \alpha \lg \frac{S_{\text{н}}^i - \beta \cdot C_{\text{пр}}}{S_{\text{к}}^i - \beta \cdot C_{\text{пр}}} \right)^2 = \min, \quad (4)$$

где K — количество опытов;

С этой целью сначала определим β по зависимости (I) в каждом опыте

$$\beta^i = (S_K^i \cdot 10^{\frac{N^i}{\alpha \cdot 10000}} - S_H^i) / C_{пр}^i \cdot (10^{\frac{N^i}{\alpha \cdot 10000}} - 1). \quad (5)$$

Полученный набор β^i обозначит диапазон (β_{min} , β_{max}), в котором находится искомое значение параметра β . Сначала для $\beta_1 = (\beta_{min} + \beta_{max})/2$ по зависимости (4) определим $\delta(\beta_1)$, затем для β_2 найдём $\delta(\beta_2)$. β_2 выбирается как середина одного из отрезков (β_{min} , β_1) или (β_2 , β_{max}) в зависимости от того, где больше находится β^i . Исследование этих двух значений

β	β_1	β_2
$\delta(\beta)$	$\delta(\beta_1)$	$\delta(\beta_2)$

подскажет (по линейности) новое значение β_3 .

Таким способом можно приблизиться к минимальному значению $\delta(\beta)$, т.е. найти искомое значение параметра β .

Можно поиск β организовать графически. Для этого следует разбить (β_{min} , β_{max}) на равные части. В точках деления интервала (β_{min} , β_{max}) на оси абсцисс отложить соответствующие им значения ординат $\delta_i = \delta(\beta_i)$, а затем построенные таким способом точки (β_1 , δ_1), (β_2 , δ_2) и т.д. соединить плавной кривой. Самой низкой части этой кривой и будет соответствовать искомое значение β .

Покажем на конкретном примере расчет промывных норм при промывке земель водой повышенной минерализации и сравним промывные нормы, рассчитанные по формуле (I), с фактическими.

Опытные промывки выполнялись осенью 1971 г. в Ильичевском отделении совхоза "Пахтаарал" Чимкентской области на площади 17,32 га. Из них 2,73 га промывали водой, откачиваемой скважиной вертикального дренажа; минерализация её по плотному остатку составляла 6,3 г/л, а по хлор-иону — 1,1519 г/л (первый вариант). На 4,85 га промывка выполнялась водой из скважины, смешанной с водой из оросителя. Минерализация воды составляла 3,46 г/л по плотному остатку и 0,889 по хлор-иону (второй вариант). 9,74 га

промывали пресной водой из оросителя (третий вариант).

Промывные нормы соответственно каждому из трех вариантов составляли 3540, 3750 и 3280 м³/га. Среднее засоление верхнего метрового слоя почвогрунтов по хлор-иону соответственно по первому, второму и третьему вариантам составляло до промывки 0,1096, 0,0746 и 0,0361, а после промывки 0,0425, 0,0238 и 0,0092 % от веса сухого почвогрунта.

Тип засоления – хлоридно-сульфатный. По механическому составу верхний слой почвогрунта – легкосуглинистый. Промывка проводилась на фоне хорошо работающего вертикального дренажа.

По опытным данным третьего варианта определяем параметр солеотдачи α при расчете промывных норм с учетом содержания хлора в верхнем метровом слое почвогрунтов

$$\alpha = \frac{N}{\lg \frac{S_H}{S_K}} = \frac{0,3280}{\lg \frac{0,0361}{0,0092}} \approx 0,55.$$

Значение параметра β возьмём из табл. I и рассчитаем величину промывной нормы для первого и второго вариантов опытов по формуле (I)

$$N_1 = 10000 \cdot 0,55 \cdot \frac{0,1096 - 0,015 \cdot 1,1519}{0,0425 - 0,015 \cdot 1,1519} \approx 3100 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$N_2 = 10000 \cdot 0,55 \cdot \frac{0,0746 - 0,015 \cdot 0,0889}{0,0238 - 0,015 \cdot 0,0889} \approx 4220 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Промывные нормы, рассчитанные по формуле В.Р. Волобуева (2), будут соответственно равны $\bar{N}_1 = 2260 \text{ м}^3/\text{га}$ и $\bar{N}_2 = 2730 \text{ м}^3/\text{га}$.

Относительная ошибка при определении промывной нормы по формуле (I) для первого и второго вариантов составила

$$\delta_1 = \frac{3540 - 3100}{3540} \cdot 100 \% = 12,4 \% ;$$

$$\delta_2 = \frac{3750 - 4220}{3750} \cdot 100 \% = 12,5 \% .$$

Относительная ошибка расчета промывной нормы по зависимости (2) для первого и второго вариантов опыта соответственно соста-

вила 36,2 и 27,2 %.

Отсюда видно, что точность расчета по зависимости (2) снижается с ростом минерализации промывной воды, а точность определения промывных норм по формуле (I) не зависит от степени минерализации промывной воды. Помимо этого отметим, что точность приведенного выше расчета промывных норм по формуле (I) находится в пределах точности определения исходных данных, входящих в этот расчет.

Сравним результаты расчета промывных норм, полученные по формуле (I) и по зависимости А.И.Голованова [5], являющейся аналогом общепринятой формулы С.Ф.Аверьянова [6]. Зависимость А.И.Голованова имеет вид

$$N = 10000 \cdot m (h + 2A \sqrt{\lambda m h}) \quad (6)$$

где h — расчетный слой опреснения, м;
 m — пористость в слое h , доли объёма;
 λ — коэффициент гидродинамической дисперсии, м;
 A — коэффициент, зависящий от степени опреснения почвогрунта C , т.е.

$$\bar{C} = \frac{C_k - C_{\text{пр}}}{C_n - C_{\text{пр}}} \quad \text{либо} \quad \bar{C} = \frac{S_k}{S_n},$$

(при промывке пресной водой)

где C_k — конечное содержание солей (в данном случае хлора);
 C_n — начальное содержание хлора в слое h ;
 $C_{\text{пр}}$ — содержание хлора в промывной воде.

Сравнительный расчет выполнен для конкретного участка, имеющего хлоридно-сульфатное засоление и следующие исходные параметры: $m = 0,42$, объёмный вес $\approx 1,5 \text{ т/м}^3$, $S_1 = 0,2 \%$, $S_2 = 0,02 \%$, $\lambda = 0,1$, $\alpha = 0,55$, $\beta = 0,015$.

Значение коэффициента A находится по таблице, помещенной в книге [5].

Расчет производится для различной минерализации промывных вод при постоянных значениях S_1 и S_2 . Результаты расчета сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Сравнительные величины промывных норм, рассчитанные по формулам (I) и (6) для различной минерализации промывной воды (исходное засоление 0,2, допустимое 0,02 по Cl' , % от веса сухой почвы)

Содержание хлора в промывной воде	Промывная норма, рассчитанная по формуле (6)	Промывная норма, рассчитанная по формуле (I)
0	5770	5500
0,1	5800	5670
0,2	5960	5850
0,3	6090	6050
0,4	6240	6280
0,5	6480	6530
0,6	6800	6820

Как видно из табл. 2, промывные нормы, рассчитанные по зависимостям (I) и (6), близки друг к другу. Это лишний раз убеждает нас в надёжности полученной зависимости (I) и в возможности пользоваться ею при проектировании промывок.

Используем данную зависимость для расчета величины осенне-зимних промывок, проводимых в Сырдарьинской области.

Дело в том, что рекомендуемые промывные нормы [7] определены на основании опытных полевых исследований, выполненных в 60-х годах, т.е. в то время, когда минерализация в Сырдарье составляла 0,6–0,7 г/л. Однако с тех пор минерализация в реке значительно возросла и составляет теперь 1,2–1,6 г/л. Естественно, что в связи с этим промывные нормы должны быть увеличены.

Пересчет промывных норм произведён в границах орошаемой территории области, сложившихся к концу 60-х – началу 70-х годов, и в рамках гидро модульного районирования, выполненного институтом "СокзНИИХИ" [7]. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Рекомендуемый размер водоподачи во вневегетационный период по гидромодульным районам Сырдарьинской области, м³/га (средний для всех культур)

Гидро-модульный район	Размер вне-вегетационной водоподачи при минерализации промывной воды 0,6 г/л (данные 1971 г.)	Размер вне-вегетационной водоподачи при минерализации промывной воды 1,5 г/л	Площадь орошаемых земель гидромодульного района	Дополнительный объем промывной воды на 1990 г. против 1971 г., тыс.м ³
Ш па	-	-	18676	-
Ш ав	1800	1970	21719	3692,2
Ш пв	2500	2690	56493	10733,7
У ав	2800	2990	78208	14859,5
У пб и У аб	2500	2690	38226	7262,9
У пв	3300	3520	15075	3316,5
УП ав	4000	4250	82015	20503,8
УП пб и УП аб	3500	3730	36350	8360,5

Таким образом, на осенне-зимние промывки в Сырдарьинской области для поддержания требуемого солевого режима почвогрунтов орошаемых земель дополнительно требуется ежегодно 68,7 млн.м³ оросительной воды. И это при условии, что накопление солей в корнеобитаемом слое в вегетацию происходит теми же темпами, что и в 1971 г. Аналогичная картина наблюдается и в других областях Узбекистана.

В связи с этим необходимо пересмотреть существующие нормы орошения. Оросительные нормы по областям должны увеличиваться в соответствии с ростом минерализации оросительной воды. Расчет нормы промывных поливов целесообразно выполнять по зависимости (I). Основанием тому служит успешная апробация её в различных почвенных и гидрогеологических условиях. Это в конечном счете позволяет утверждать, что полученная зависимость является надёжным инструментом для определения промывных норм при промыв-

ках засоленных земель водой повышенной минерализации. Использование данной зависимости в практике проектирования промывок будет способствовать упорядочению применения вод повышенной минерализации на промывки и предотвращению возможных негативных последствий в связи с их применением.

ВЫВОДЫ

1. Разработана зависимость для расчета промывных норм при промывках засоленных земель водой повышенной минерализации. В зависимости учтены механический состав почв, тип их засоления, распределение массы расчетного компонента солей между твердой и жидкой фазами почвы в равновесном состоянии (параметр β). Апробация зависимости показала её высокую надёжность.

2. Для почв различного механического состава, имеющих хлоридно-сульфатное засоление, получены значения параметра зависимости β .

3. Приводятся методы определения параметра β по данным промывок засоленных земель минерализованной водой.

Список использованной литературы

1. Бехбудов А.К., Джафаров Х.Ф. Мелиорация засоленных земель. - М.: Колос. - 1960. - 240 с.
2. Волобуев В.Р. Расчет промывных норм засоленных почв. - М.: Колос. - 1975. - 64 с.
3. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. - М.: Изд-во МГУ. - 1973. - 327 с.
4. Якубов Х., Белоусов О.М., Иконому Д.А. О величине промывных норм в условиях сильногипсированных почв // Сб. научн. тр. / Среднеаз. НИИ ирригации. - 1971. - Вып. 132. - с. 30-47.
5. Айдаров П.И., Голованов А.И., Мамаев М.Г. Оросительные мелиорации. - М.: Колос. - 1982. - 176 с.
6. Инструкция по проектированию оросительных систем, ч. УШ. Дренаж на орошаемых землях. ВСН-П-8-74. - Минводхоз СССР. - 1975. - 275 с.
7. Режимы орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. - Ташкент: Узбекистан. - 1971. - 367 с.

Насонов В.Г., канд. геол.-мин. наук

Закс И.А., канд. техн. наук

Усманов Ш.А.

(НПО САНИИРИ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Дальнейшее развитие рисосеяния в условиях дефицита водных ресурсов и возрастающих требований к охране природы возможно только за счет повышения продуктивности орошаемых земель, в том числе за счет резкого улучшения мелиоративного состояния почв при возделывании риса. Важнейшим элементом комплекса мероприятий по улучшению мелиоративного состояния земель является строительство дренажа. Многие исследователи подчеркивают зависимость продуктивности риса от протяженности дренажа [1, 5]. Это обстоятельство обусловило проведение значительного числа экспериментов, устанавливающих те или иные требования к строительству дренажа.

Обобщив данные многолетних исследований [1, 2, 3, 5], можно сформулировать ряд требований, предъявляемых к дренажу на рисовых системах. На хорошо дренированном рисовом поле дренаж должен удовлетворять следующим требованиям:

в период вегетации обеспечивать вертикально нисходящие фильтрационные токи (6-8 мм/сут);

после сброса воды ускорять осушение рисовых чеков для уборки урожая в оптимальные сроки;

в невегетационный период поддерживать уровень грунтовых вод на глубинах, способствующих повышению плодородия рисовых почв;

обеспечивать проведение весенних работ в оптимальные сроки;

защищать суходольные культуры рисового севооборота от подтопления и засоления;

при возделывании риса на засоленных землях ускорять рас-соление земель;

при орошении минерализованной водой предотвращать снижение урожайности риса и сопутствующих культур;

снижать затраты оросительной воды;
выполнять почво-природоохранные функции.

В соответствии с перечисленными, нередко противоречивыми требованиями к дренажу на рисовой системе, существует немало предложений по расчету параметров дренажа на рисовых системах [2, 4, 5] с обоснованием параметров дренажа по снижению уровня грунтовых вод после осушения чеков, уровня грунтовых вод, темпов рассоления земель, а также величины вертикальной фильтрации в междренье и т.д.

Общим для таких предложений является учет какого-либо одного из перечисленных требований, не исключая все остальные.

Вместе с тем эффективность дренажных мероприятий определяется не только затратами на строительство дренажа, но и по приросту произведенной продукции с учетом экономических оценок водно-земельных ресурсов и природоохранных мер.

Модели оптимизации параметров дренажа рисовой оросительной системы в соответствии с существующими представлениями могут рассматриваться на народнохозяйственном и хозяйственном уровнях. В обоих случаях критерий оптимальности параметров дренажа на рисовой оросительной системе будет соответствовать максимальной разности между чистым доходом от прироста сельскохозяйственной продукции и приведёнными затратами на строительство оросительной и коллекторно-дренажной сети с учетом экономических оценок водно-земельных и трудовых ресурсов

$$K' \propto [Z_p Y_i(H_{oi}, L_i) - Z'_p \Delta Y'(H_{oi}, L_i) - Z_p \Delta Y''_i - C_i] + \\ + \sum_{m=1}^m [(Z_m \cdot Y_m(H_{oi}, L_i) - C_m) - \beta_m \cdot K''] - [(\varepsilon_n \cdot K_i^{op} + C_i^{op}) + \\ + (\varepsilon K_i^{gp} + C_i^{gp})] \pm \sum_{j=1}^m \gamma_j R_{sij} \pm \sum_{k=1}^{\bar{k}} \rho_k f_k \rightarrow \max, \quad (I)$$

где K_i^{op} – капитальные вложения на рисовую оросительную систему i -го варианта;
 K_i^{gp} – капитальные вложения на коллекторно-дренажную сеть i -го варианта;
 C_i^{op}, C_i^{gp} – соответственно, затраты на эксплуатацию оросительной и дренажной сети i -го варианта;

- ε_n - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;
- R_{sij} - используемые природные ресурсы i -го варианта;
- γ_i - экономические оценки природных ресурсов;
- ρ_k - экономические оценки k -го загрязнения природной среды;
- f_k - объёмы k -го загрязнения природной среды;
- α - доля посевов риса в рисовом севообороте;
- y_i - урожайность риса при проведении дренажных мероприятий i -го варианта;
- Z_p - экономическая оценка единицы сельхозпродукции;
- $\Delta y'_i$ - потери урожайности риса из-за уборки в неоптимальные сроки в связи с плохой дренированностью рисового чека i -го варианта дренажа;
- $\Delta y''_i$ - потери урожайности из-за неоптимального залегания грунтовых вод в невегетационный период (i -го варианта дренажа);
- y_m - урожайность m -го вида сельхозкультуры в рисовом севообороте при i -ом варианте параметров дренажа;
- Z_m - экономическая оценка единицы сельхозпродукции культуры m -го вида;
- C_p, C_m - соответственно издержки на выращивание риса и культур рисового севооборота;
- K' - коэффициент, учитывающий предшественника риса в севообороте, $K' = 0,8-0,9$;
- K'' - коэффициент, учитывающий рис-предшественник $0,75-0,85$.

Рассмотрим составляющие выражения (I). Установим связь между урожайностью риса и параметрами дренажа. Исследования показали, что урожайность риса в значительной степени зависит от величины вертикальной фильтрации воды в почве. В самом общем случае величина вертикальной фильтрации и урожайности риса (рис. I) может быть представлена в виде

$$\bar{y} = a_1 + b_1 \bar{V} + c_1 \bar{V}^2 + D \bar{V}^3, \quad (2)$$

где a_1, b_1, c_1, D - эмпирические коэффициенты;

$\bar{y} = y/y_0$ - относительная урожайность риса;

$\bar{V} = V/V_0$ - относительная вертикальная фильтрация;

y_0, V_0 - максимальная урожайность и соответствующая ей фильтрация.

Как видно, вертикальная фильтрация в формуле (2) есть скорость фильтрации на поверхности затопленного поля за вычетом транспирации. Поскольку скорость фильтрации существенно варьирует в междренье, следовательно, и урожайность риса будет изменяться в соответствии с формулой (2).

Величина и изменчивость в междренье определяются как глубиной заложения дренажа, так и междренним расстоянием. Кроме того, в связи с уклоном дрена и практически горизонтальной поверхностью чека вертикальная фильтрация изменяется в направлении, параллельном дренам

$$V(x, y) = f(H_0, L, i),$$

где $V(x, y)$ - скорость фильтрации у поверхности затопленной почвы, м/сут;

H_0 - глубина заложения дрена, м;

L - междреннее расстояние, м;

i - уклон дрена;

x - текущая координата от дрена к междренью.

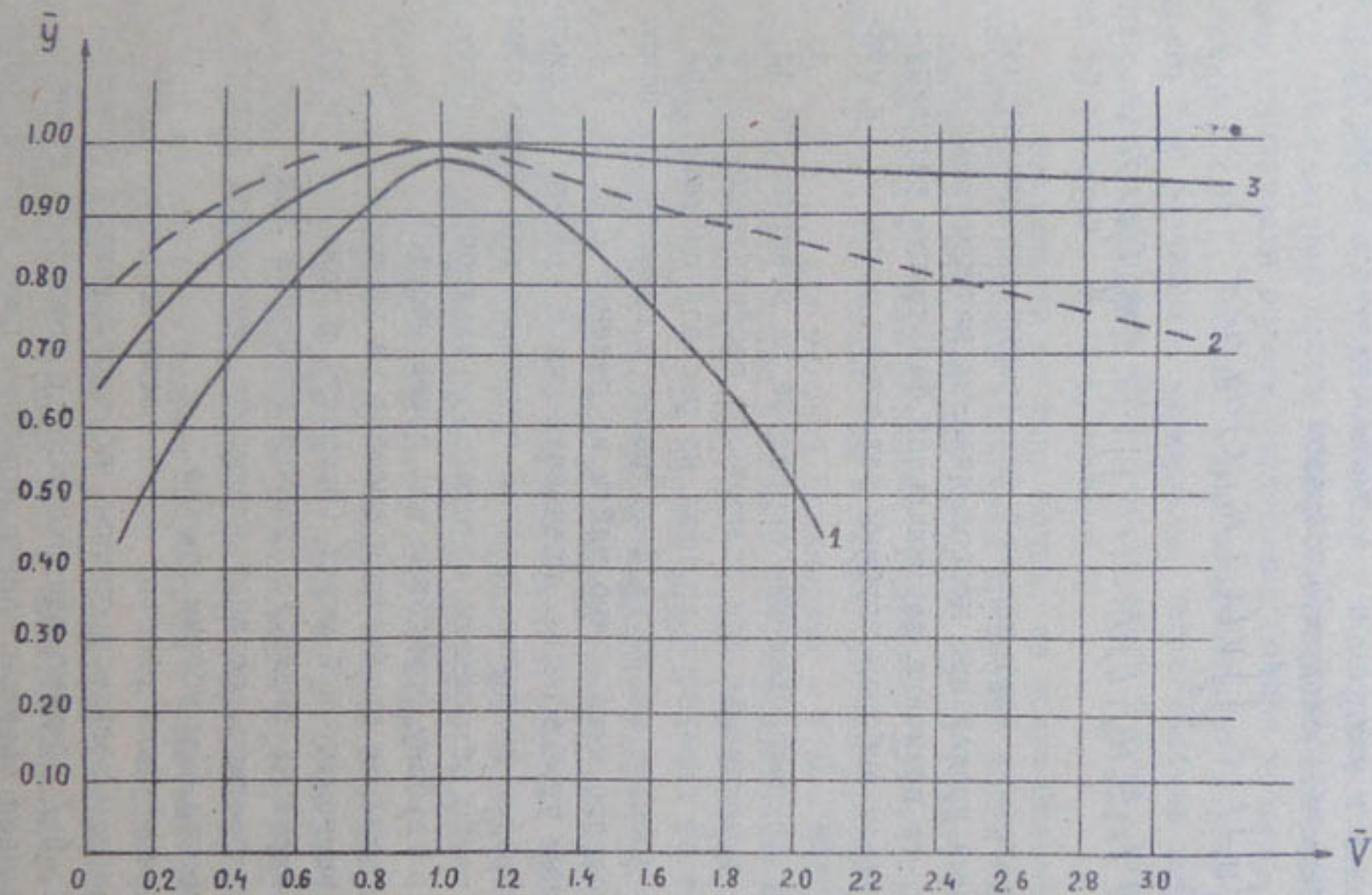


Рис. I. График зависимости урожайности риса от скорости вертикальной фильтрации:

- 1 - Средняя Азия и Казахстан [18];
- 2 - Япония [21];
- 3 - Краснодарский край [22].

Существует множество сочетаний глубины заложения междреннего расстояния и соответствующего распределения скоростей фильтрации в междренье, а следовательно, и возможного урожая.

Средний урожай в междренье в зависимости от скорости фильтрации можно рассчитать следующим образом

$$\bar{y} = \frac{1}{L\ell} \left[a, L\ell + b, \int_0^L \int_0^\ell V(x, z, H_{др}, L) dx dz - \right. \\ \left. - C, \int_0^L \int_0^\ell V^2(x, z, H_{др}, L) dx dz + D, \int_0^L \int_0^\ell V^3(x, z, H_{др}, L) dx dz \right]. \quad (3)$$

Поскольку величина вертикальной фильтрации определяет максимально возможный урожай при неограниченных материальных и водных ресурсах, то величина вертикальной фильтрации регулируется соответствующим выбором глубины заложения дрены H_0 и междренным расстоянием L .

В общем случае распределение скоростей на поверхности затопленного поля в междренье для различного геофильтрационного строения зависит от характера дренажа на рисовой системе. При систематическом дренаже скорость фильтрации у поверхности почвы затопленного рисового чека можно найти из решений [2, 3, 4].

Другим важным требованием, предъявляемым к дренажу на рисовой системе, является снижение уровней грунтовых вод после сброса воды с тем, чтобы обеспечить оптимальную влажность в корнеобитаемом слое и глубину грунтовых вод перед уборкой [1]. Для определения влияния параметров дренажа на урожайность необходимо найти экономический ущерб (прирост) в зависимости от того или иного варианта снижения уровней грунтовых вод. При оценке ущерба необходимо, по всей видимости, учитывать потери, связанные с затягиванием уборки урожая.

На плохо дренируемых рисовых полях после осушения могут наблюдаться физиологические процессы, обуславливающие снижение урожая риса [1, 5]. Однако эти процессы в известной степени могут регулироваться сроками начала осушения поля в фазе созревания. Поэтому при обосновании параметров дренажа следует рассматривать потери, связанные только с уборкой риса в неоптимальные сроки и вызванные, главным образом, за счет осыпания зерна.

полегания или обламывания стеблей. К этому следует добавить возникающую после заморозков трещиноватость риса, что приводит к увеличению битого зерна при обмолоте, ухудшению семенных и товарных качеств риса — шалы.

Оптимальные сроки уборки в Краснодарском крае, обеспечивающие практически полное отсутствие потерь урожая, по данным Л.И. Оськина и Ю.Г. Радина, для среднеспелых сортов составляют 8–10 дней. Как показывают материалы, биологические потери урожая при опоздании с уборкой на 3 дня составят 2 ц/га, а при опоздании на 10–15 дней — 5–10 ц/га (рис.2).

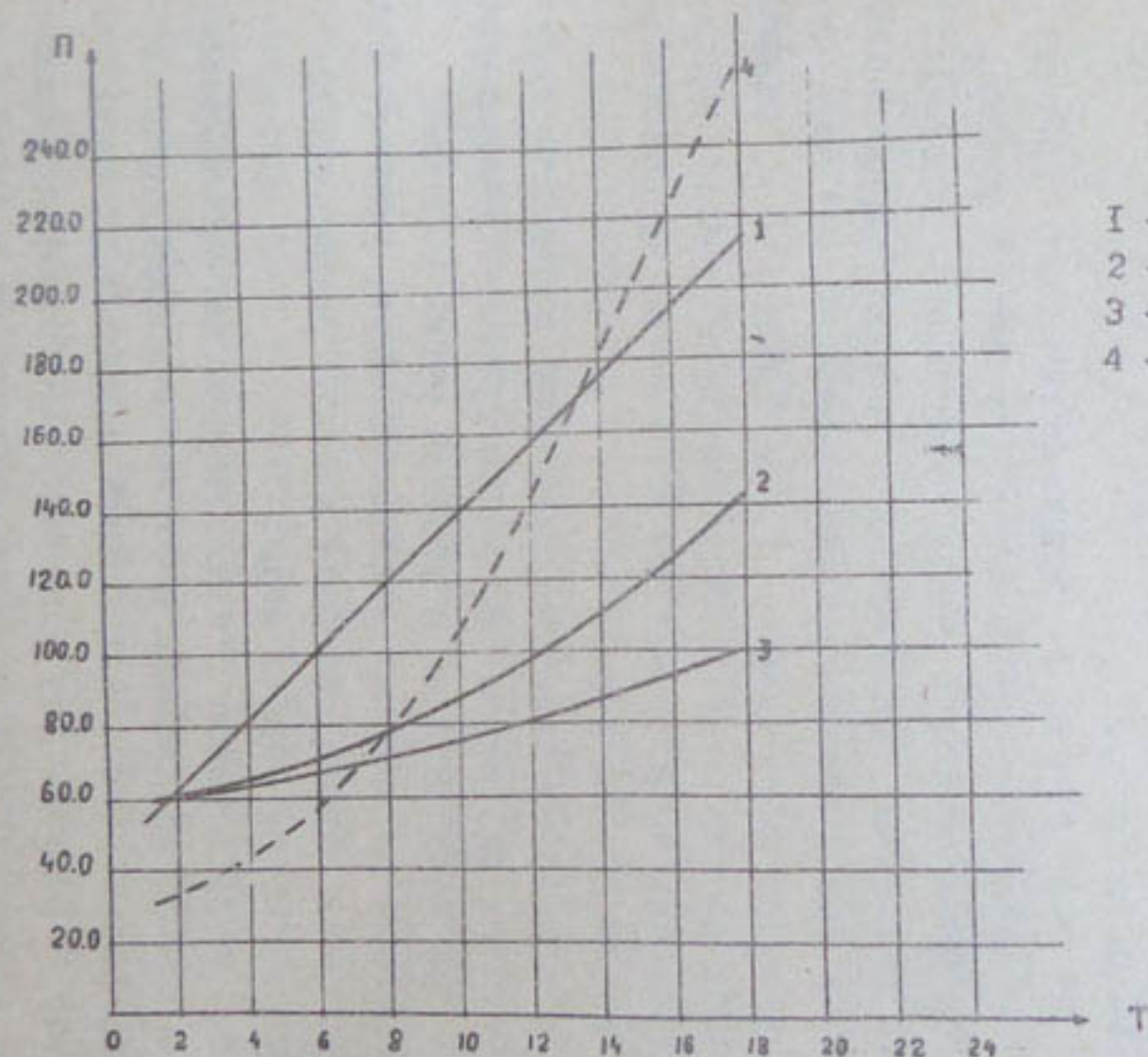
В зависимости от типа почвы, ее водно-физических свойств, требования к глубине залегания грунтовых вод в период уборки, и соответственно, средней скорости спада грунтовых вод после сброса воды из чека различны. Например, для условий Каракалпакии глубина грунтовых вод к началу уборки урожая должна быть 0,95 – 1,3 м, для условий Краснодара — 1,5 – 1,6 м [1]. Очевидно, скорость спада уровня будет определяться не только заданными параметрами дренажа, но и суммарным испарением на поверхности рисового поля после сброса воды.

Отметим, что обеспечение заданной влажности почвы или глубины залегания грунтовых вод через параметры дренажа связано с ущербом, наносимым при запаздывании с уборкой урожая.

Отсюда при заданных параметрах дренажа динамику уровня грунтовых вод можно найти путём прогноза водного режима почвогрунта, формирующегося после сброса воды.

Следовательно, ущерб в связи с отклонениями от оптимальных сроков уборки оценивается по времени достижения влажности в метровом слое почвы после сброса воды. Срок наступления этой влажности может быть определен для заданных параметров дренажа на основе прогноза режима влажности в зависимости от уровня грунтовых вод.

Во многих работах [1, 5] подчеркивается связь между глубиной залегания грунтовых вод в межвегетационный период и урожайностью риса (рис.3). Считается, что при близком залегании грунтовых вод происходит неполное окисление продуктов восстановления в почве, а при глубоком — скорость вымывания органи-



Сорта:
 1 - УзРСС-59 ;
 2 - Нукус-2 ;
 3 - Авангард ;
 4 - Краснодарский-424 .

Рис.2. Влияние сроков уборки на потери урожая риса:
 - данные УзНИИРиса для низовий р. Амударьи;
 - данные ВНИИРиса для Краснодарского края;
 1 - $\Pi = 8,99T + 47,3$;
 2 - $\Pi = 62,58 - 0,138T + 0,25T^2$;
 3 - $\Pi = 58,25 + 2,36T - 0,035T^2$;
 4 - $\Pi = 30 - 0,405T + 0,82T^2$.

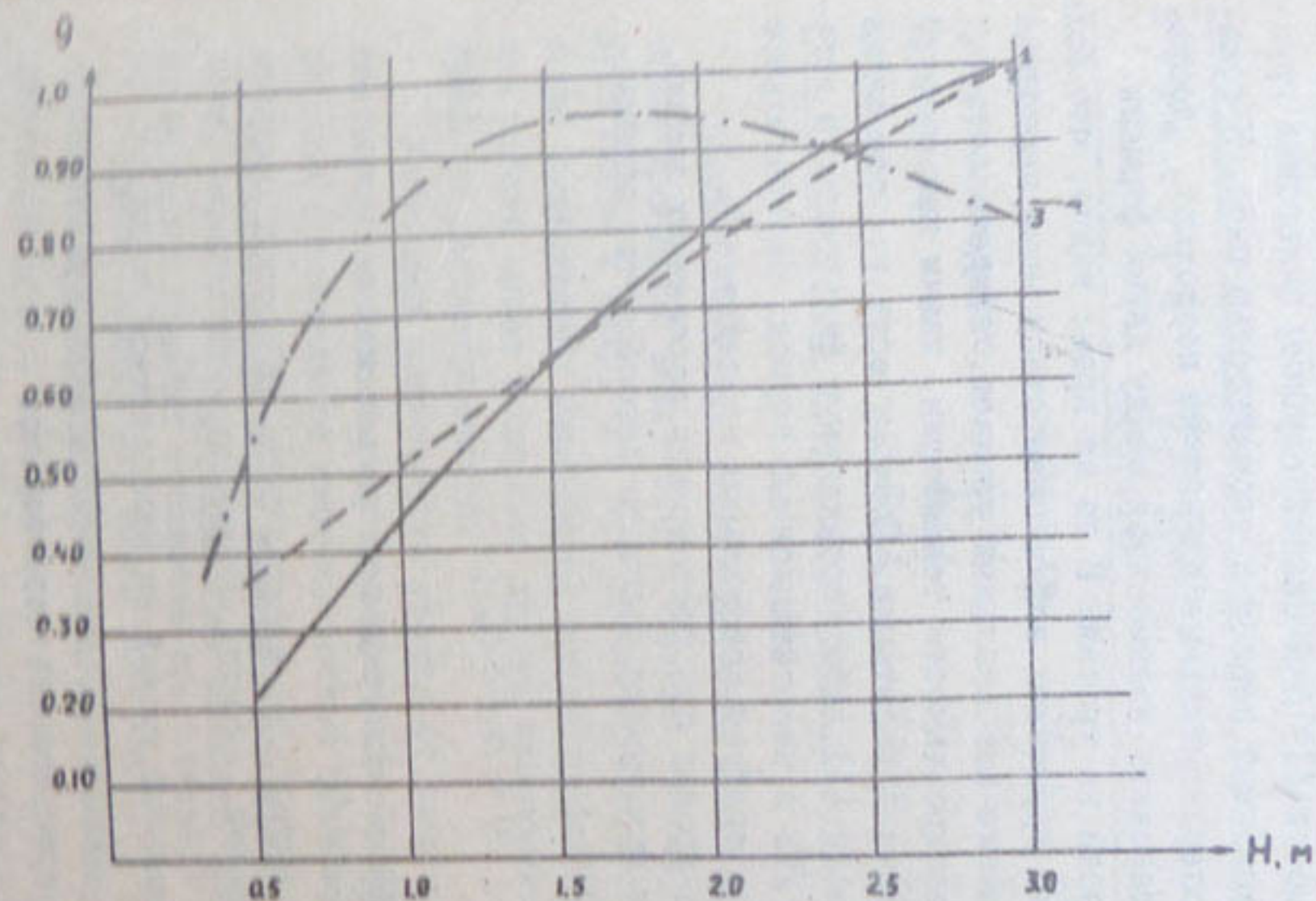


Рис.3. Зависимость урожайности риса от уровня грунтовых вод в невегетационный период:
 1 - юг Украины [20] ;
 2 - Краснодарский край [1,22] ;
 3 - Средняя Азия и Казахстан [19] .

ческих веществ увеличивается.

Для разных районов получены различные данные, поэтому воспользуемся зависимостями для конкретных районов.

Заметим, что существуют определенные противоречия между использованием зависимости (I) или связей глубины залегания грунтовых вод в невегетационный период и урожайностью риса. К сожалению, имеющиеся экспериментальные данные не позволяют достаточно достоверно установить взаимосвязи между двумя формами влияния дренированности на урожай. В то же время видно, что большие глубины залегания грунтовых вод в невегетационный период, обеспечивающие получение максимальных урожаев, свидетельствуют о наличии высокой дренированности территории, как и при высокой вертикальной фильтрации в вегетацию. Поэтому есть все основания учитывать в зависимости (I) либо вертикальную фильтрацию в вегетацию, либо глубину УГВ в невегетационный период. Окончательное решение этого вопроса требует специальных исследований.

Ущерб от потерь урожая при реставрации засоленных земель, занятых суходольными культурами рисового севооборота, оценивается следующим образом

$$\bar{y} = \alpha - \beta C_x, \quad (4)$$

где α, β — коэффициенты уравнения регрессии, находимые из табл. I;

$\bar{y} = \frac{y}{y_0}$ — относительное снижение урожайности, обусловленное степенью засоленности;

y_0 — нормальный урожай на незасоленной почве;

C_x — засоление почвы при возделывании суходольных культур рисового севооборота.

В целом зависимость урожая от засоления нелинейна, однако обобщение данных показывает, что во многих случаях можно использовать линейную зависимость.

Из табл. I следует, что интенсивность засоления почв, занятых суходольными культурами рисового комплекса, зависит от степени рассоления почвогрунтов в период возделывания риса и качества оросительной воды. Степень реставрации засоленных зе-

мель определяется результатами прогноза водно-солевого режима почвогрунтов при i -ом варианте параметров дренажа.

Т а б л и ц а I

Чувствительность культур к засоленности почв, % от сухого остатка (засоление, соответствующее максимально возможному урожаю)

К у л ь т у р а	Засоление, % от сухого остатка	α	β	γ
Люцерна	0,04-0,05	115,46	312,81	0,92
Кукуруза на зерно	0,04	113,12	328,12	0,95
Кукуруза на силос	0,04	121,15	523,01	0,91
Пшеница	0,14	142,88	306,26	

Особое значение такие прогнозы имеют при орошении коллекторно-дренажной водой сопутствующих культур. В то же время следует иметь в виду, что при орошении водой повышенной минерализации существенно изменяется водопотребление. Учитывая, что данная работа имеет несколько другую направленность, здесь эти вопросы не рассматриваются.

Установив зависимость урожая от скорости фильтрации, перейдем к определению параметров дренажа. В общем случае параметры рисовой оросительной системы должны быть связаны с параметрами дренажа, поскольку вертикальная фильтрация и КПД оросительной сети, определяющие параметры дренажа, влияют на гидромодуль, от которого зависит стоимость оросительной сети.

Однако задачу эту можно упростить. С одной стороны, КПД при проектировании определяется однозначно конструкцией оросительной сети и не может считаться переменной при выборе вариантов. С другой стороны, широко распространен режим орошения риса затоплением, что, в свою очередь, выдвигает свои особенности при расчете пропускной способности рисовой оросительной системы. При режиме орошения риса постоянным или укороченным затоплением пропускная способность оросительной сети будет определяться расходом подаваемой воды в период затопления, значи-

тельно превосходящим расход воды в период вегетации, т.е. изменение вертикальной фильтрации, от которой зависят параметры дренажа, не будет влиять на параметры, а следовательно, и на стоимость оросительной сети на рисовой системе. При таких режимах орошения риса приведенные затраты на строительство оросительной сети из выражения (I) исключаются.

Приведенные затраты на строительство коллекторно-дренажной сети на рисовой оросительной системе зависят от глубины заложения дренажа, междренних расстояний, диаметров и уклонов дрен, глубин, уклонов и поперечных сечений коллекторов при ограничениях на незаиляющую и неразмывающую скорости, водоприёмников. Эксплуатационные затраты также определяются сечениями и уклонами коллекторов, глубинами их заложения.

Таким образом, даже при заданных глубинах заложения дрен и междренних расстояниях задача оптимизации остальных параметров дренажа довольно сложна. При увеличении уклона дрен снижаются затраты на прокладку труб, однако растут капитальные вложения на строительство коллекторов. И наоборот, при увеличении уклонов коллекторов эксплуатационные затраты снижаются, но увеличиваются капитальные вложения, связанные с глубиной заложения коллекторов и водоприемников.

Рассмотрим методику расчета приведенных затрат на строительство и эксплуатацию КДС. При закрытом систематическом дренаже на рисовой карте расчетная схема представлена на рис.4,а. При сопоставимых глубинах заложения закрытого горизонтального дренажа и картовых открытых дрен последние схематизируются в виде закрытых дрен. Различие в водоприемной способности в этом случае идет в запас прочности. При глубинах заложения систематического дренажа, значительно превышающих глубину заложения картовых открытых дрен, последние выполняют главным образом сбросные функции и в расчетах не учитываются.

Если дрены (рис.4,б) расположены иначе, коллектор схематизируется в виде закрытых дрен, а картовые открытые дрены идут в запас прочности.

Удельную стоимость строительства коллекторно-дренажной сети на единицу площади можно представить в виде

$$C_{K-A} = C_A + C_K, \quad (5)$$

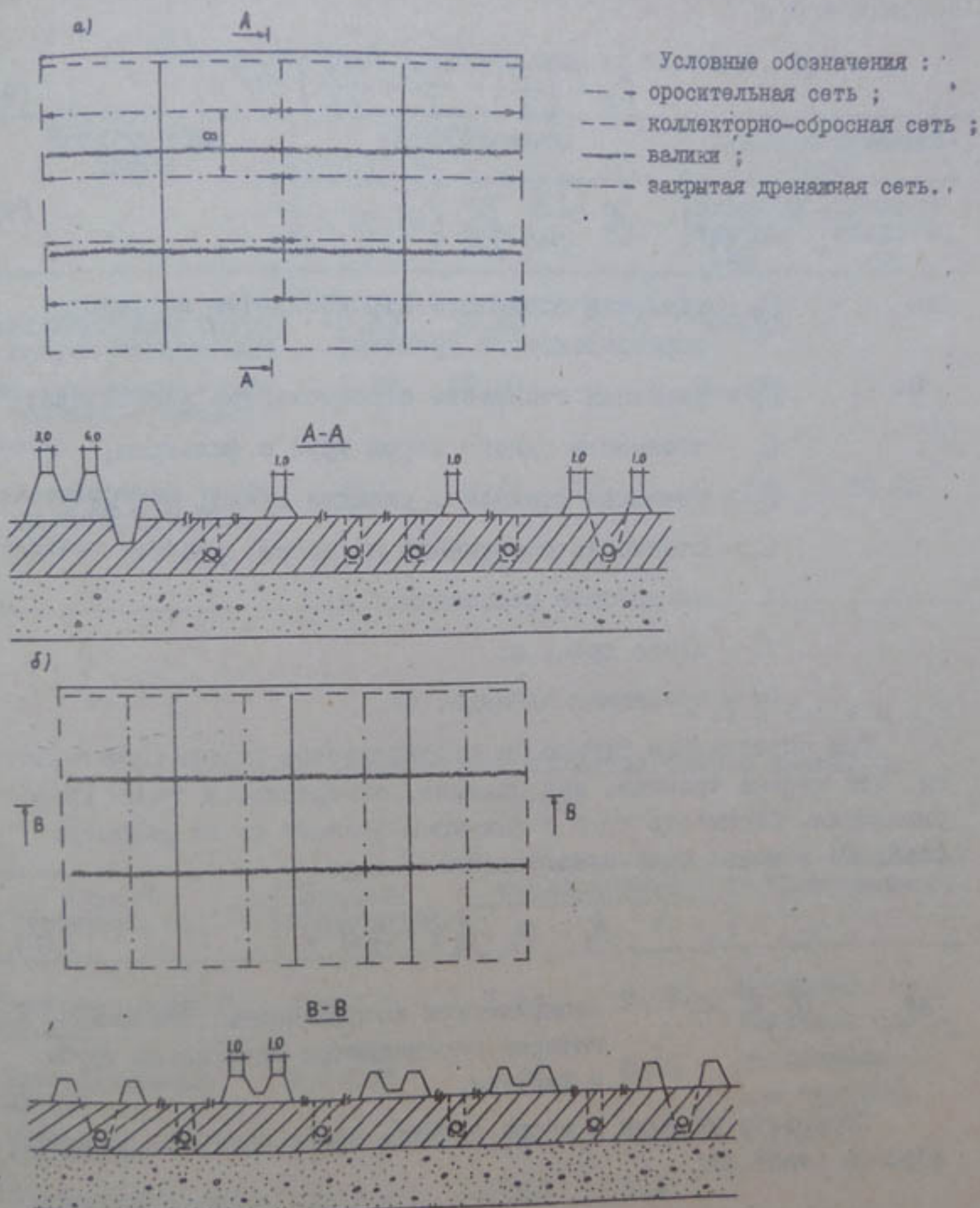


Рис.4. Компонировка рисовой оросительной системы с систематическим закрытым дренажем:

а) — продольная схема; б) — поперечная схема

$$C_A = \left(\frac{C_1}{L} + \frac{C_2}{L} + \frac{C_3}{L\ell} \right) \cdot 10^4, \quad (6)$$

$$C = \frac{1}{\omega} \sum_{j=1}^n C_{kj}, \quad (7)$$

где C_g - удельная стоимость строительства закрытого горизонтального дренажа;
 C_k - удельная стоимость строительства коллектора;
 C_1 - стоимость одного метра труб с фильтром;
 C_2 - удельная стоимость укладки дрены, руб/м;
 C_3 - стоимость сооружений на дрене, руб/шт;
 L - междреннее расстояние, м;
 ℓ - длина дрен, м;
 ω - орошаемая площадь, га.

При определении стоимости строительства дренажа учитывается, что ширина траншеи, как правило, определяется типом дрена-укладчика. Стоимость труб с фильтром зависит от их диаметра (табл.2) и может быть представлена в виде

$$C_1 = a_2 + b_2 d + c_2 d^2, \quad (8)$$

где a_2, b_2, c_2 - эмпирические коэффициенты, значения которых определяются материалом трубы и фильтра.

Стоимость укладки I метра дренажа можно выразить следующим образом (табл.2):

$$C_2 = a_3 + b_3 H, \quad (9)$$

где a_3, b_3 - эмпирические коэффициенты, определяемые типом дренаукладочной машины и инженерно-геологическими условиями (табл.3).

Т а б л и ц а 2

Стоимость труб с фильтровым материалом, руб/м

Конструкция дрены	Коэффициенты			Условия приме- нения	
	a_2	b_2	c_2	диаметр трубы, мм	диаметр обсыпки, мм
Пластмассовые трубы с искусственным ЗФМ	-0,33	I4,36	-5,36	90-125	-
Пластмассовые трубы с песчано-гравийной смесью	I,24	I2,09	-5,476	90-125	I5-30
Пластмассовые трубы с комбинированным фильтром	2,0	-3,14	III,15	90-125	I0-20

Т а б л и ц а 3

Стоимость укладки пластмассовых труб с фильтром,
руб/м

Способ строительства	Пределы применения, м	Коэффициенты		Примечание
		a_3	b_3	
Бестраншейный ДБ-25I	I,8-2,5	2,56	0,42	Нормативы на земляные рабо- ты приняты для грунтов 2 группы
Узкотраншейный ДУ-30I	2,0-3,0	2,34	0,63	
Траншейный	2,0-3,5	I,9	I,108	
Полумеханизирован- ный	до 5 м	-2,86	3,4	

Выражая диаметр трубы через расход дрены в устьевой части,
используя рекомендации работы [6, 7] и связывая расход дрены

с напором в междренье, найдем приведенные затраты на строительство закрытого горизонтального дренажа на рисовой системе через его параметры

$$C_g = 10^4 \alpha \left[a^* + \frac{b^2 (H_0 + \Delta h)^{0,378} \cdot K_1^{0,378} \cdot \ell^{0,378}}{73,44 L \cdot \Phi^{0,378} (L, H_0) i^{0,19}} + \frac{C_2 (H_0 + \Delta h)^{0,756} \cdot K^{0,756} \cdot \ell^{0,756}}{5393,43 L \cdot \Phi^{0,756} (H_0, L) i^{0,38}} + \frac{b_3 H_0}{L} \right], \quad (10)$$

где Δh - глубина воды в рисовом чеке, м;

H_0 - глубина заложения дрены от поверхности почвы до верха трубы

$$a^* = a_1 + a_2 + \frac{a_3}{L}; \quad \alpha = \epsilon_n + \alpha^* \quad (11)$$

α^* - коэффициент, учитывающий ежегодные затраты на эксплуатацию дренажа;

i - уклон дрены.

При определении стоимости строительства коллекторов необходимо иметь в виду, что в условиях массового строительства, унификации технологии строительства и параметров строительных машин обычно применяются стандартные размеры сечений коллекторов. В связи с этим нормативные документы рекомендуют гидравлический расчет коллекторов проводить при расходе более $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ или при меньших расходах - в случае превышения определенных уклонов, зависящих от типа грунта.

Анализируя проектные материалы для открытых, гидравлически не рассчитываемых коллекторов, можно установить вид линейной зависимости, по которой определяются затраты на строительство коллекторов различного порядка следующим образом:

- для внутрихозяйственных

$$C_{BK} = a_{BK} + b_{BK} H_{ср}^{BK}, \quad (12)$$

- для межхозяйственных

$$C_{MK} = a_{MK} + b_{MK} H_{ср}^{MK}, \quad (13)$$

где $\overset{bk}{H}_{cp}, \overset{mk}{H}_{cp}$ — глубина заложения соответственно внутрихозяйственного и межхозяйственного коллекторов;

$\alpha_{bk}, \beta_{bk}, \alpha_{mk}, \beta_{mk}$ — эмпирические коэффициенты, определяемые для каждого водохозяйственного региона.

Эксплуатационные затраты на обслуживание открытой коллекторно-дренажной сети рисовой оросительной системы связаны, главным образом, с поддержанием рабочей глубины и пропускной способности коллектора путём очистки его от зарастания и заиления при разрушении откосов и т.д. Причины заиления и зарастания коллекторов, разрушения откосов различны и простое их перечисление заняло бы довольно много места.

Анализ материалов эксплуатационных служб показывает, что затраты на поддержание глубин коллекторов и их пропускной способности могут определяться глубиной коллектора и механическим составом почвогрунта для уклонов, близких к рекомендованным СНиП [I7].

Поскольку коллекторы различного порядка обладают характерными глубинами и поперечным сечением, то для анализа эксплуатационных затрат ограничимся рассмотрением эксплуатационных затрат только на поддержание глубины коллектора, не учитывая поперечные сечения.

Анализируемые зависимости имеют криволинейный характер, поэтому для рассматриваемых целей можно использовать линейные приближения, хотя и применение нелинейных зависимостей особых сложностей не вызывает. Эксплуатационные затраты на поддержание коллекторов можно представить в виде

$$C_{экс} = \alpha_э + \beta_э H_{cp}, \quad (I4)$$

где $C_{экс}$ — эксплуатационные затраты на очистку коллекторов, руб/м;

$\alpha_э, \beta_э$ — эмпирические коэффициенты, определяемые типом грунта.

Сравнительный анализ материалов эксплуатационных организаций по интенсивности заиления коллекторов и объёмам очистки по-

казывает, что существует довольно тесная связь между затратами на очистку и уклонами коллекторов. Представим эксплуатационные затраты на поддержание коллекторов в зависимости от глубины заложения коллекторов и текущих уклонов в виде

$$C_3 = (\alpha'_3 + \beta_3 H_{cp}) \left(\frac{i_{min}}{i_0} \right)^{0.5}, \quad (I5)$$

где i_{min} – уклон, соответствующий незаиляющим скоростям;
 i_0 – текущий уклон.

Уклоны коллекторно-дренажной сети должны задаваться исходя из обеспечения средних скоростей V в следующих пределах

$$V_{min} \leq V \leq V_{max}, \quad (I6)$$

где V_{min} – минимально допустимая скорость;
 V_{max} – максимально допустимая скорость.

Минимальная скорость определяется, исходя из требований о недопущении заиления и зарастания открытой коллекторно-дренажной сети и может быть найдена по формуле / II, I4/.

$$V_{min} = 0,3 R^{0.25}, \quad (I7)$$

где R – гидравлический радиус.

Максимальная скорость движения воды в коллекторах зависит от типа почвогрунтов, в которых проходит коллектор. Для несвязных грунтов значения средних неразмывающих скоростей можно получить, аппроксимируя данные работы [II]

$$V_{max} = \hat{\alpha} \cdot d_{cp}^{\hat{\beta}} \sqrt[0.2]{h}, \quad (I8)$$

где h – глубина потока, м;
 d_{cp} – средний диаметр частиц;
 $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ – эмпирические параметры, которые определяют по данным табл.4.

$K = \frac{d_{cp}}{d_{gs}}$	Значение коэффициентов		z	Диапазон изменения
	$\hat{a}$	$\hat{b}$		
0,2	0,911	0,204	0,991	0,05-2
0,3	0,835	0,256	0,998	0,15-2
0,5	0,702	0,295	0,995	0,15-2

Для связных грунтов неразрывающие скорости могут быть найдены по зависимости, приведенной в работе [11]

$$v_{max}^K = 2,26 C^{0,337} h^{0,12}, \quad (19)$$

где C — расчетное сцепление, определяемое как произведение нормативного удельного сцепления и коэффициента неоднородности $C = C^H K$.

Нормативное удельное сцепление находится по [15, 16]. Минимально допустимые скорости для современных пластмассовых дренах из искусственного защитно-фильтрующего материала или в сочетании с песчано-гравийной обсыпкой определяют по формуле

$$\omega_{min}^{gp} = \omega_o^{0,687} C^{0,538}, \quad (20)$$

где ω_o — гидравлическая крупность наилка.

Максимально допустимая скорость для закрытого горизонтального дренажа рассчитывается в соответствии с [13]

$$v_{max}^{gp} \leq 1,5 \text{ м/с}. \quad (21)$$

Для гидравлического расчета коллекторно-дренажной сети необходимо определить предельно допустимые уклоны, которые нахо-

дятся по зависимости

$$i_{гон} \leq \frac{V_{гон}^2}{C^2 R}, \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \quad (22)$$

где n — коэффициент шероховатости.

Для коллекторов найдем расход Q , пропускаемый с неразмывающей скоростью V_{max} и соответствующим ему максимальным уклоном.

Задаваясь гидравлически наивыгоднейшим сечением, получим предельную зависимость для i , B , Q .

Следует отметить, что для коллекторов с большими расходами более правильно было бы исходить из руслоформирующих параметров поперечного сечения.

Для несвязных почвогрунтов предельная зависимость имеет вид [II]

$$i_{max} = \alpha_1 Q^{-\gamma_1}, \quad (23)$$

где

$$\gamma_1 = 0,94 + 0,32$$

$$\alpha_1 = \frac{n^2 \alpha d_{cp}}{\beta^{1,84 + 0,576 \left[\frac{\beta + m}{\beta(\beta + 2\sqrt{1+m^2})} \right]^2}$$

(m — угол заложения откосов);

$$\beta = \frac{B}{H} = 2\sqrt{1+m^2} - m$$

B — ширина коллектора по дну.

Для связных грунтов предельная зависимость для неразмывающих скоростей будет иметь вид

$$i_{max} = \alpha_2 Q^{-\gamma_2}, \quad (24)$$

где

$$\gamma_2 = 0,964 + 0,41$$

$$\alpha_2 = \frac{n^2 \left[2,26 C^{0.337} \right]^{0.96 y + 2.41} \left(\frac{\beta + m}{\beta} \right)^{\frac{y_2}{2}}}{\beta^{0.115 y + 0.29} \left[\frac{\beta + m}{\beta (\beta + 2 \sqrt{1+m})} \right]^{2y+1}} .$$

Предельная зависимость существует и для незаиляющих скоростей

$$i_{min} = \alpha_3 Q^{-y_3} \quad (25)$$

$$y_3 = 0,88 y + 0,22$$

$$\alpha_3 = \frac{0,9 n^2 1,706^{-2y-0,5} (\beta + m)^{0,9y-0,225}}{\beta^{-0,02y-0,005} (\beta + 2 \sqrt{1+m^2})} .$$

Отметим, что в предельных зависимостях отсутствуют как глубина, так и ширина потока.

Для закрытого горизонтального дренажа предельные зависимости можно получить также в общем виде, для всего диапазона дренажных труб из различного материала. Однако учитывая, что в настоящее время применяются, главным образом, пластмассовые гофрированные трубы, целесообразно предельные зависимости получить для труб из этого материала.

Для труб, работающих полным сечением, но в безнапорном режиме, получим для расхода Q , пропускаемого с незаиляющей скоростью

$$i_{min} = 0,0000122 Q^{-0,55} . \quad (26)$$

Предельные уклоны i_{max} для расходов Q , пропускаемых с максимальной допустимой скоростью V

$$i_{max} = 0,00425 Q^{-0,166} . \quad (27)$$

Увяжем гидравлические параметры коллекторной сети с затратами на ее сооружение.

Пропускная способность коллекторной сети обычно рассчитывается по формуле

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{Ri}, \quad (28)$$

где ω — площадь живого сечения.

Для того чтобы перейти к оптимизации параметров КДС, выразим среднюю глубину коллектора через среднюю глубину заложения дрен, уклонов и отметки поверхности земли. Представим среднюю глубину коллектора, к которому подключаются закрытые дрены, в виде

$$H_{cp} = -0,5 \Delta g + 0,5 (Z_K^H + Z_K^K) - (Z_{gp}^{cp} - \sigma_K) + 0,5 \Delta_K, \quad (29)$$

где

$$\Delta g = \ell_{gp} \cdot i_{gp}, \quad \Delta_K = \ell_K \cdot i_K,$$

Z_K^H — отметка поверхности земли в начале коллектора;

Z_K^K — отметка поверхности земли в конце коллектора;

Z_{gp}^{cp} — отметка дренажной трубы в середине дрены;

σ_K — превышение устья дрены над уровнем воды в коллекторе.

Тогда приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС для системы закрытых дрен и гидравлически нерассчитываемого коллектора, учитывая формулы (5-15), будут иметь вид

$$\begin{aligned} C = 10^4 \alpha & \left[a^* + \frac{b^2 (H_0 + \Delta h)^{0.378} \cdot K_1^{0.378} \cdot \ell^{0.568}}{73,44 \ell \cdot \Phi^{0.378} \cdot \Delta_g^{0.19}} + \right. \\ & + \frac{c_2 (H_g + \Delta h)^{0.756} \cdot K_1^{0.756} \cdot \ell_g^{1.136}}{53,93,43 L \cdot \Phi^{0.756} \cdot \Delta_g^{0.38}} + \frac{b_3 H_g}{L} + \\ & + \frac{\alpha}{S} \left\{ a_3 + b_3 \left[0,5 (Z_K^H + Z_K^K) + 0,5 \Delta g - (Z_{gp}^{cp} - \sigma_K) + 0,5 \Delta_K \right] \ell_K + \right. \\ & \left. + \frac{\ell_K}{S} \left\{ a_3 + b_3 \left[0,5 (Z_K^H + Z_K^K) + 0,5 \Delta g - (Z_{gp}^{cp} - \sigma_K) + 0,5 \Delta_K \right] \right\} \right\} \end{aligned} \quad (30)$$

$$a^* = a_1 + a_2 + \frac{a_3}{L},$$

где S – площадь орошаемых земель

$$\alpha = \varepsilon_K + \varepsilon_H;$$

ε_H – коэффициент, учитывающий эксплуатационные затраты, кроме затрат на ремонт;

ℓ_K – длина коллектора.

Приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС с учетом большого количества коллекторов рассчитываются по формуле

$$C_K = 10^4 \alpha \cdot \left[a^* \frac{b_2 (H_{gp} + \Delta h)^{0.378} \cdot K_1^{0.378} \cdot \ell^{0.368}}{7344 L \cdot \phi^{0.378} \Delta_g^{0.19}} + \frac{C_2 (H_{gp} + \Delta h)^{0.756} K^{0.756} \ell^{1.136}}{\phi^{0.756} \Delta_g^{0.38} \cdot L} + \right. \\ \left. + \frac{b_3 H_8}{L \ell} \right] + \sum_{j=1}^p \frac{\alpha}{S} \left\{ a_K + b_K' [0,5(Z_{Kj}'' + Z_{Kj}^K) + 0,5 \Delta_g - (Z_{gp}^{cp} - \sigma) + \right. \\ \left. + \sum_{v=1}^{i-1} \Delta v + 0,5 \Delta_j \left\{ \ell_i + \frac{1}{S} (a_3 + b_3) [0,5(Z_{Kj}'' + Z_{Kj}^K) + 0,5 \Delta_g - \right. \right. \\ \left. \left. - (Z_{gp}^{cp} - \sigma) + \sum_{v=1}^{j-1} \Delta v + 0,5 \Delta_j \right] \right\} \left(\frac{\Delta_i}{\Delta_{min}} \right)^{-0,5} \ell_j : \right. \quad (31)$$

Выражения (30) и (31) дополняются ограничениями: по перепадам высот по j -ым коллекторам и дренам

$$i_j^{min} \cdot \ell_j \leq \Delta_j \leq i_j^{max} \ell_j, \\ i_{gp}^{min} \cdot \ell_{gp} \leq \Delta_j \leq \ell_{gp}^{max} \cdot \ell_g; \quad (32)$$

по предельно допустимым глубинам коллекторов

$$Z_{Kj}'' - h_j^{max} \leq Z_K'' \cdot \sum \Delta_j \leq K_j^K - h_{min}, \quad (33)$$

где h_j^{max} – максимальная глубина заложения j -го коллектора;

h_j^{min} – минимально допустимая глубина j -го коллектора.

Исключая из выражений (30) и (32) постоянные слагаемые, получим, что после преобразований нахождение параметров КДС, отвечающих минимуму приведенных затрат, может быть сведено к типичной модели нелинейного программирования при линейных ограничениях (32) и (33).

Для гидравлически нерассчитываемых коллекторов целевая функция имеет вид

$$\begin{aligned}
 10^4 \alpha \left[a \frac{b_2 (H_g + \Delta h)^{0.378} \cdot K_1^{0.378} \cdot \ell^{0.568}}{73.44 L \cdot \Phi^{0.378} \cdot \Delta_g^{0.19}} + \frac{c_2 (H_g + \Delta h)^{0.756} \cdot K^{0.756} \cdot \ell^{1.13}}{\Phi^{0.756} \Delta_g^{0.38}} + \frac{b_3 H_g}{L \ell} \right] + \\
 + \frac{\alpha}{S} \sum_{j=1}^n a_k + b_k \left[0,5 \Delta_g + \sum_{v=1}^{j-1} \Delta_v + 0,5 \Delta_j \right] \ell_j + \\
 + \frac{1}{S} \sum_{j=1}^n a_j + b_j \left[0,5 \Delta_g + \sum_{v=1}^{j-1} \Delta_v + 0,5 \Delta_j \right] \left(\frac{\Delta_j}{\Delta_{min}} \right)^{0,5} + \\
 + 86000 \frac{b_k \gamma}{\eta} Q \cdot H \rightarrow \min .
 \end{aligned} \tag{34}$$

При определении одновременно междренного расстояния и глубины заложения и необходимости расчетов изменения чистого дохода картина резко меняется. В этом случае оптимальным параметрам дренажа будут соответствовать параметры, обеспечивающие максимум (I). Параметры дренажа во втором варианте связаны с урожайностью сельскохозяйственных культур через вертикальную фильтрацию в период вегетации риса и через водно-солевой режим — в остальное время года и севооборотной ротации в целом. Поэтому важным элементом обоснования параметров дренажа является прогноз водно-солевого режима почвогрунтов на рисовой системе.

Как уже отмечалось, влияние параметров дренажа на эффективность рисовой оросительной системы зависит не только от вертикальной фильтрации в период вегетации риса, но и от водно-солевого режима почвогрунтов в период севооборотной ротации. Поэтому важным этапом обоснования параметров дренажа на рисовой системе является установление связи параметров дренажа i -го варианта с водно-солевым режимом почвогрунтов.

В настоящее время имеются различные методы прогноза водно-солевого режима почвогрунтов [9]. В данном случае используется

метод, основанный на решениях дифференциальных уравнений соле-
влагопереноса / IO /.

Отметим несколько основных моментов. Модель, программа "WASTP -I" и ее последующие модификации разрабатывались не для рисовой системы, поэтому ее нельзя использовать для прогноза распределения вертикальной фильтрации в междренье. Однако концентрацию солей в середине междренья в результате возделывания риса при применении для орошения воды различной концентрации по ней установить можно.

Прогноз водно-солевого режима на рисовой системе для i -го варианта дренажа должен рассчитываться на различные интервалы времени: посуточно на период сброса воды и осушения почвы и с гораздо большим набором на севооборотную ротацию.

Список использованной литературы

1. Попов В.А. Регулирование грунтовых вод на рисовых системах. - Краснодар: Книжное изд-во, 1984.
2. Голованов А.И. О расчете дренажа на рисовых системах // Гидротехника и мелиорация. - 1976. - № 2.
3. Олейник А.Я., Ткач В.И., Жовтоног И.С. Закрытый дренаж на рисовых системах // Гидротехника и мелиорация. - 1976. - № 9.
4. Олейник А.Я. Геогидродинамика дренажа. - Киев: Наукова Думка. - 1981.
5. Бегишев Ш.Х. Комплексное управление водно-воздушным, солевым и питательными режимами почв на рисовых системах: Автореф. дисс... канд. техн. наук. - М., 1982.
6. Мурашко А.М. Горизонтальный пластмассовый дренаж. - Минск: Урожай. - 1973.
7. Мурашко А.М. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне. - М.: Колос. - 1982.
8. Духовный В.А., Умарджанов Д.К. Методика оценки эффективности переустройства оросительных систем // Сб. научн. тр. / Среднеаз. НИИ ирригации. - 1982, - Вып. 167.
9. Кирейчева Л.В. Прогноз водно-солевого режима орошаемых почв. Вопросы мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и

- мелиоративного почвоведения // Сб. научн. тр. ВНИИГиМ. - 1984.
10. Рекс Л.М., Кирейчева Л.В. Методика расчета водно-солевого режима и параметров дренажа на орошаемых землях // Гидротехника и мелиорация. - 1977. - № 5.
 11. Скрыльников В.А., Кеберле С.И., Белесков В.И. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ. - Ташкент: Мехнат. - 1987.
 12. Рекомендации по применению рулонных защитно-фильтрующих материалов при строительстве закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях Узбекистана. - Ташкент: САНИИРИ. - 1987.
 13. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования ВСН 33. -2.2.03-81 ММВХ СССР. - М., 1987.
 14. Рекомендации по гидравлическому расчету крупных каналов. - М., 1987.
 15. Мелиорация и водное хозяйство. - М., 1985. - Т.3.
 16. Мелиорация и водное хозяйство. - М., 1985. - Т.4.
 17. СНиП 2.06.03 Гидромелиоративные системы и сооружения (проект). - М., 1988.
 18. Насонов В.Г., Закс И.А., Усманов Ш.А. Выбор оптимальных параметров дренажа на рисовых оросительных системах // Мелиорация земель низовьев рек Аральского региона. - Ташкент: САНИИРИ, 1988.
 19. Рау А.Г. Водораспределение на рисовых системах. - М.: Агропромиздат, 1988.
 20. Андрияшин М.А. Орошение риса. - М.: Колос. - 1977.
 21. Х.Фукуда, Х.Цуцуа. Орошение риса в Японии / ЦЕНТИ. - 1976.
 22. Внутрихозяйственная сеть рисовых оросительных систем для различных зон рисосеяния: Отчет о НИР (заключ.) / Кубань-гипроводхоз; руководитель Г.В.Аксенов. - Краснодар. - 1988. - 120 с.

М.С.Меришенский, канд.техн.наук
С.А.Полинов, канд.техн.наук
(НПО САНИИРИ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЧНЫХ И КОЛЛЕКТОРНЫХ ВОД НА ПОСЕВЫ РИСА В ХОРЕЗМСКОМ ОАЗИСЕ

Хорезмская область УзССР, расположенная в низовьях р.Амударьи, — зона древнего и высокоинтенсивного орошения. С развитием орошения и ростом отбора воды в верхнем и среднем течении р.Амударьи величина среднегодового стока, поступающего в низовья к створу Тюямун, уменьшалась: в 1960 г. она составляла 45 км^3 ; в 1976–1980 гг. — $37,5 \text{ км}^3$; в 1981–1985 гг. — $29,2 \text{ км}^3$; в 1986 г. — $16,1 \text{ км}^3$. Орошаемая площадь низовьев увеличилась с 480 тыс.га в 1960 г. до 1 млн.га в настоящее время, при сокращении притока в Аральское море с 35 до $10,0 \text{ км}^3/\text{год}$.

На фоне увеличения площадей посевов риса, ухудшения качества оросительной воды и низкого технического уровня оросительных систем размеры головного водозабора в Хорезмской области после 1980 г. последовательно сокращались (табл. I). Наметилась четкая тенденция ухудшения структуры общего водно-солевого баланса орошаемых земель хлопкового комплекса Хорезма при близком залегании минерализованных грунтовых вод. Разность между поступлением и выносом солей за пределы орошаемого контура уменьшилась в 1986 г. в 3,4 раза по сравнению с 1976–1980 гг. В этих условиях происходит увеличение солесодержания в зоне аэрации, в результате чего средняя урожайность хлопчатника снизилась с 38,6 в 1976–1980 гг. до 34,5 ц/га в 1981–1985 гг., а в 1986 г. урожайность хлопчатника составила всего 28,7 ц/га.

В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов необходимо определить состав, объёмы и очередность водосберегающих мероприятий в целях увеличения продуктивности орошаемых земель, прежде всего хлопкового комплекса. Первоочередным должно стать внутрисистемное использование коллекторно-дренажных вод в целях рисосеяния.

Как видно из данных табл. I, в Хорезме формируется до $2,3 \text{ км}^3$ коллекторно-дренажных вод с земель хлопкового комплекса. Наряду с этим до $1,5\text{--}1,7 \text{ км}^3$ составляет водозабор на посевы риса, занимающие около 12 % орошаемых земель, на которые расходуется 26 %

водных ресурсов Хорезма.

Т а б л и ц а I

Динамика изменения площадей орошения и головного водозабора в Хорезмской области за 1966-1988 гг.

Показатель	В среднем за год в период			
	1966- 1970 гг.	1981- 1985 гг.	1986 г.	1988 г.
Площадь орошения, тыс. га	151,0	206,1	237,0	259,6
в том числе:				
под хлопчатником	103,0	107,9	115,8	121,5
под рисом	6,0	21,1	23,2	32,3
Общий головной водо- забор, $\frac{\text{км}^3}{\text{тыс. м}^3/\text{га}}$	$\frac{3,7}{24,5}$	$\frac{5,0}{24,4}$	$\frac{4,2}{17,7}$	$\frac{5,8}{22,5}$
в том числе:				
на хлопковый комплекс	$\frac{3,19}{22,0}$	$\frac{3,49}{18,9}$	$\frac{3,09}{14,4}$	$\frac{4,1}{17,9}$
на посевы риса	$\frac{0,51}{85,0}$	$\frac{1,53}{72,4}$	$\frac{1,10}{47,4}$	$\frac{1,7}{52,7}$
Сток КДС, км^3	1,4	3,0	2,2	3,1
в том числе:				
с земель хлопкового комплекса, $\frac{\text{км}^3}{\text{тыс. м}^3/\text{га}}$	$\frac{1,2}{8,3}$	$\frac{2,0}{10,8}$	$\frac{1,6}{7,6}$	$\frac{2,35}{10,3}$
с рисовых посевов	$\frac{0,2}{33,3}$	$\frac{1,0}{47,3}$	$\frac{0,6}{25,8}$	$\frac{0,75}{23,0}$

Рисовые посевы территориально располагаются на пойменных и внутриоазисных землях. Современные площади рисосеяния, размеры водозабора и коллекторно-дренажного стока на пойменных и внутриоазисных посевах риса представлены в табл. 2. В этой таблице выделены пойменные земли с площадью рисосеяния 11,0 тыс. га и земли Хазараспского района (колхоз им. Ленина) - 4,1 тыс. га, которые во всех случаях должны обеспечиваться речной водой с водозабором 0,7 км^3 . Остальные земли внутриоазисные площадью 17,1 тыс. га на-

Т а б л и ц а 2

Размеры водозабора и стока коллекторно-дренажных вод с рисовых посевов
Хорезмской области в 1968 г. при существующем уровне ГМС

Расположение рисовых посевов в привязке к зонам влияния магистральных коллекторов	Площадь посевов риса, тыс. га	Голов. водоз. на посевы риса		Водоз. на посевы риса на границе хозяйств		Кол.-дренаж. сток с рисовых посевов		Безвозвратн. водопотребление		Сток водоприем. на границе Хорезмской области, млн. м ³
		млн. м ³	тыс. м ³ /га	млн. м ³	тыс. м ³ /га	млн. м ³	тыс. м ³ /га	млн. м ³	тыс. м ³ /га	
1. Посевы риса на пойменных землях (система коллекторов канала Шават)	11,0	517,0	47,0	517,0	47,0	286,0	26,0	231,0	21,0	
2. Посевы риса вдоль Озерного коллектора	7,6	403,0	53,0	353,0	46,0	192,0	46,0	161,0	21,0	
3. Посевы риса в зоне влияния Газават-ДAUDанского коллектора, впадающего на ГКО в Озерный коллектор	3,8	225,0	59,0	173,0	46,0	93,0	24,0	80,0	21,0	
ИТОГО по п. 2 + п. 3	11,4	628,0	55,0	526,0	46,0	286,0	25,0	240,0	21,0	1789,0
4. Посевы риса в зоне влияния Дуаткульского коллектора	2,2	130,0	59,0	92,0	42,0	46,0	21,0	46,0	21,0	224,0
5. Посевы риса в зоне влияния Диванкульского коллектора	7,6	451,0	59,0	344,0	45,0	184,0	24,0	160,0	21,0	807,0
Итого по области	32,3	1726	53,0	1466	46,0	808,0	25,0	678,0	21,0	2820,0
В т.ч. без пойменных земель,	21,2	1209,0	57,0	969,0	46,0	522,0	25,0	446,0	21,0	
без колхоза им. Ленина Хазаратского района	17,1	1014	58,0	775,0	45,0	416,0	24,0	359,0	21,0	

ходятся в зоне, подкомандной коллекторно-дренажной сети, отводящей КДВ с земель хлопкового комплекса, что позволяет использовать эти воды на орошение посевов риса, которые на современном уровне расходуют до 1 км^3 речной воды.

Внутриоазисные посевы риса располагаются на песчаных землях, где верхняя часть почвенного покрова утяжелена за счет заиления мутной оросительной водой и завоза глинистого грунта. Удельные размеры головного водозабора на посевы риса колебались в последние десятилетия от 47 до 96 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$. Повышенные размеры водоподачи на земли рисоводческих хозяйств (против рекомендованных по режиму орошения институтом "Средазгипроводхлопок" / I /), обусловленные недоучетом высоких фильтрационных свойств почвогрунтов, вызвали увеличение протяженности коллекторно-дренажной сети, что привело к передренированности территории. Свойственная передренированности повышенная вертикальная фильтрация не определяется биологической потребностью риса. В этих условиях нерационально используются водные ресурсы и удобрения, увеличивается нагрузка на коллекторы высшего порядка. В результате затрудняется отвод коллекторно-дренажных вод с земель хлопкового комплекса и усложняются условия реконструкции коллекторно-дренажной сети.

Для ликвидации передренированности рисовых посевов необходимо оборудовать внутрихозяйственную коллекторно-дренажную сеть перегораживающими сооружениями в целях направленного регулирования размеров дренажного стока во времени с учетом необходимости обеспечения проектной нормы осушения на посевах других культур рисового севооборота.

Экспериментальные исследования по рисосеянию, проведенные отделом почвенных исследований САНИИРИ на землях легкого механического состава в ККАССР, и анализ составляющих балансовых элементов оросительной нормы риса в Хорезмской области показывают, что при снижении скорости инфильтрации до оптимальных размеров (5–12 мм/сут) и подаче воды в режиме водотребований риса для получения высоких и устойчивых урожаев риса достаточна оросительная норма (нетто) $35 \text{ тыс. м}^3/\text{га} \cdot 2$ /.

В рисоводческих хозяйствах, расположенных на пойменных землях, большая часть слабоминерализованного (0,8–2,0 г/л) коллек-

Размеры водозабора и стока коллекторно-дренажных вод после проведения водосберегающих мероприятий на уровне земфонда 1988 г.

Расположение рисовых посевов в привязке к зонам влияния магистральных коллекторов	Площадь посевов риса, тыс. га	Водоз. рисов. посевов на границе хоз-в		Дрен. сток рисовых посевов в пределах хоз.		Безвозврат. водопотребление		Головной водозабор	
		млн. м ³	тыс. м ³ /га	млн. м ³	тыс. м ³ /га	млн. м ³	тыс. м ³ /га	млн. м ³	тыс. м ³ /га
1. Посевы риса на линейных землях (система коллекторов. канала Шават)	11,0 11,0	441,0 441,0	40	209,0 209,0	19,0	231,0 231,0	21,0	441,0 441,0	40,0
2. Посевы риса непосредственно вдоль Озерного коллектора	7,6 4,1	306,0 166,0	40	145,0 79,0	19,0	161,0 87,0	21,0	349,0 166,0	45,7 40,0
3. Посевы риса в зоне влияния Газават-Дауданского коллектора	3,8	152,0	40	72,0	19,0	80,0	21,0	199,0	52,5
Итого по п.2 + п.3	11,4 4,1	457,0 166,0	40	217,0 79,0	19,0	240 87	21,0	548,0 166,0	46,0 40,0
4. Посевы риса в зоне влияния Дауданского коллектора	2,2	88,0	40	42,0	19,0	45,0	21,0	115,0	52,5
5. Посевы риса в зоне влияния Диванкульского коллектора	7,6	305,0	40	145,0	19,0	160,0	21,0	400,0	52,5
Итого по области	32,3	1291,0	40	613,0	19,0	678,0	21,0	1505,0	46,6
В т.ч. без пойменных земель и без колхоза им. Ленина Хазараспского района	21,2	850,0	40	404,0	19,0	446,0	21,0	1064,0	50,0
	17,1	684,0	40	325,0	19,0	360,0	21,0	898,0	52,5

Примечание. Числитель – общая площадь; знаменатель – площадь рисоводческих хозяйств, непосредственно примыкающих к реке.

торно-дренажного стока самотеком попадает в канал Шават, а оставшаяся часть благодаря планово-высотному положению коллекторно-дренажной сети поступает в оросительную сеть. Путём забора воды в режиме водопотреблений рисовых посевов и ликвидации их передренированности возможно сократить размеры головного водозабора на существующие площади посевов риса до $1,5 \text{ км}^3$ (табл.3).

Анализ современного внутригодового распределения стока коллекторно-дренажных вод с земель хлопкового комплекса, который в современных условиях составляет $1,6-2,3 \text{ км}^3$, показывает, что примерно 40 % его объёма ($640-900 \text{ млн.м}^3$) можно использовать на орошение риса. Минерализация коллекторно-дренажного стока в этот период не превышает $3,0 \text{ г/л}$. В экспериментальных исследованиях Д.Шерипова на легких (песчаных) почвах Мургабского оазиса при поливе риса водой с минерализацией до $3-4 \text{ г/л}$ уменьшение урожайности риса составило 13 %, а при минерализации $5-6 \text{ г/л}$ — 34,7 % по сравнению с контрольным вариантом / 3 /. После начала фазы купирования допустим переход на коллекторно-дренажные воды для орошения внутриоазисных посевов риса (17,1 тыс.га). Это даст возможность сократить размеры головного водозабора речной воды на $600-700 \text{ млн.м}^3$ при снижении урожайности не более чем на 10-15 %.

Указанная трансформация использования водных ресурсов и комплекс мероприятий (забор воды в режиме водотребований сельскохозяйственных культур и ликвидация передренированности рисовых посевов) на фоне существующего технического уровня ГМС позволят сократить размеры головного водозабора речной воды на посевы риса в Хорезмской области до $0,8-0,9 \text{ км}^3/\text{год}$, что будет способствовать повышению водообеспеченности земель хлопкового комплекса.

Список использованной литературы

1. Шредер В.Р., Сафонов В.Ф., Васильев И.К. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи // Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1970. — 292 с.
2. Рамазанов А.Р., Саятов К., Матмуратов Д. Использование дренажно-сбросных вод для орошения риса // Строительство и эксплуатация рисовых систем. М.: ВАСХНИЛ, 1984. — С.143-149.

3. Шерипов Д. Использование минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур Мургабского оазиса // Мелиорация орошаемых земель в Туркменистане. - Ашхабад: ТуркменНИИГим, 1978.- С.52-56.

ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ОТКАЧИВАЕМЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ НА ОРОШЕНИЕ

При использовании минерализованных вод на орошение большое значение имеет прогноз гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель: изменения солевого режима почвогрунтов, минерализации грунтовых, дренажных и подземных вод.

В ряде орошаемых регионов Узбекистана использование минерализованных дренажных вод, откачиваемых скважинами вертикального дренажа, получило большое распространение. Однако возможности такого использования изучены недостаточно. Не определен потребный на орошение объем откачиваемых вод при определенной их минерализации для тех или иных гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий. Необходимо установить динамику минерализации самих откачиваемых дренажных вод, формирующихся в зоне длительного использования минерализованных вод. Кроме того, дренажные воды составляют вместе с поверхностным стоком возвратные воды, которые обычно сбрасываются в речную сеть, что нередко приводит к значительным изменениям минерализации речных вод.

В ряде районов Узбекистана сброс в реки дренажных вод, загрязненных ядохимикатами и удобрениями, привел почти к повсеместному загрязнению поверхностного стока / -I /.

В связи с этим прогноз минерализации дренажного стока необходим для обоснования мер по охране поверхностных вод, используемых для водоснабжения и орошения, а также для оценки их пригодности для орошения.

В наших исследованиях была поставлена задача прогноза солевого режима почвогрунтов, минерализации грунтовых и откачиваемых дренажных вод при длительном использовании минерализованных вод.

Для решения поставленных задач нами были использованы труды и разработки С.Ф.Аверьянова (1978), Н.Н.Веригина, С.В.Васильева, Н.П.Куранова, В.С.Саркисяна, Д.Ф.Шульгина (1979), Д.Н.Капа,

В.М.Шестакова (1981), А.В.Лькова (1967), Р.К.Икрамова, М.А.Якубова (1982) и др.

В основу расчета прогноза уровня грунтовых вод было принято расчетное уравнение баланса грунтовых вод С.Ф.Аверьянова / 2 /

$$\Delta W_{гр} = \Phi_K \pm q - D_p + \Pi - \underline{O} ,$$

отсюда
$$\Delta h = \frac{\Delta W_{гр}}{\mu} ,$$

- где $\Delta W_{гр}$ – изменение запаса влаги грунтовых вод;
 Φ_K – фильтрационные потери из каналов всех порядков;
 $\pm q$ – результирующая водообмена грунтовых вод с зоной аэрации;
 D_p – дренаж грунтовых вод;
 $\Pi - \underline{O}$ – приток и отток подземных вод;
 μ – коэффициент водоотдачи почвогрунтов.

Прогноз солевого режима почвогрунтов, минерализации грунтовых и дренажных откачиваемых вод производился по гидрогеологической схеме, приведенной на рис.1. Гидрогеологические условия и некоторые параметры, характерные для большей части Центральной Ферганы, даны в табл.1.

Для прогноза солевого режима почвогрунтов зоны аэрации использовалась методика, разработанная Р.К.Икрамовым, М.А.Якубовым и др. / 3 /. Прогноз солевого режима почвогрунтов основывается на солевом балансе зоны аэрации

$$C_K^a = C_N^a \pm C_q + C_{op} ,$$

- где C_K^a, C_N^a – содержание солей в зоне аэрации в начале и в конце периода;
 $\pm C_q$ – результирующая солеобмена между зоной аэрации и грунтовыми водами.

При прогнозировании минерализации дренажных вод, откачиваемых вертикальным дренажем из водообильного водоносного пласта, приняты следующие условия и допущения. Рассмотрен случай, характерный для конечной дренированной толщи грунта исследуемой территории. Параметры D (коэффициент диффузии), m ,

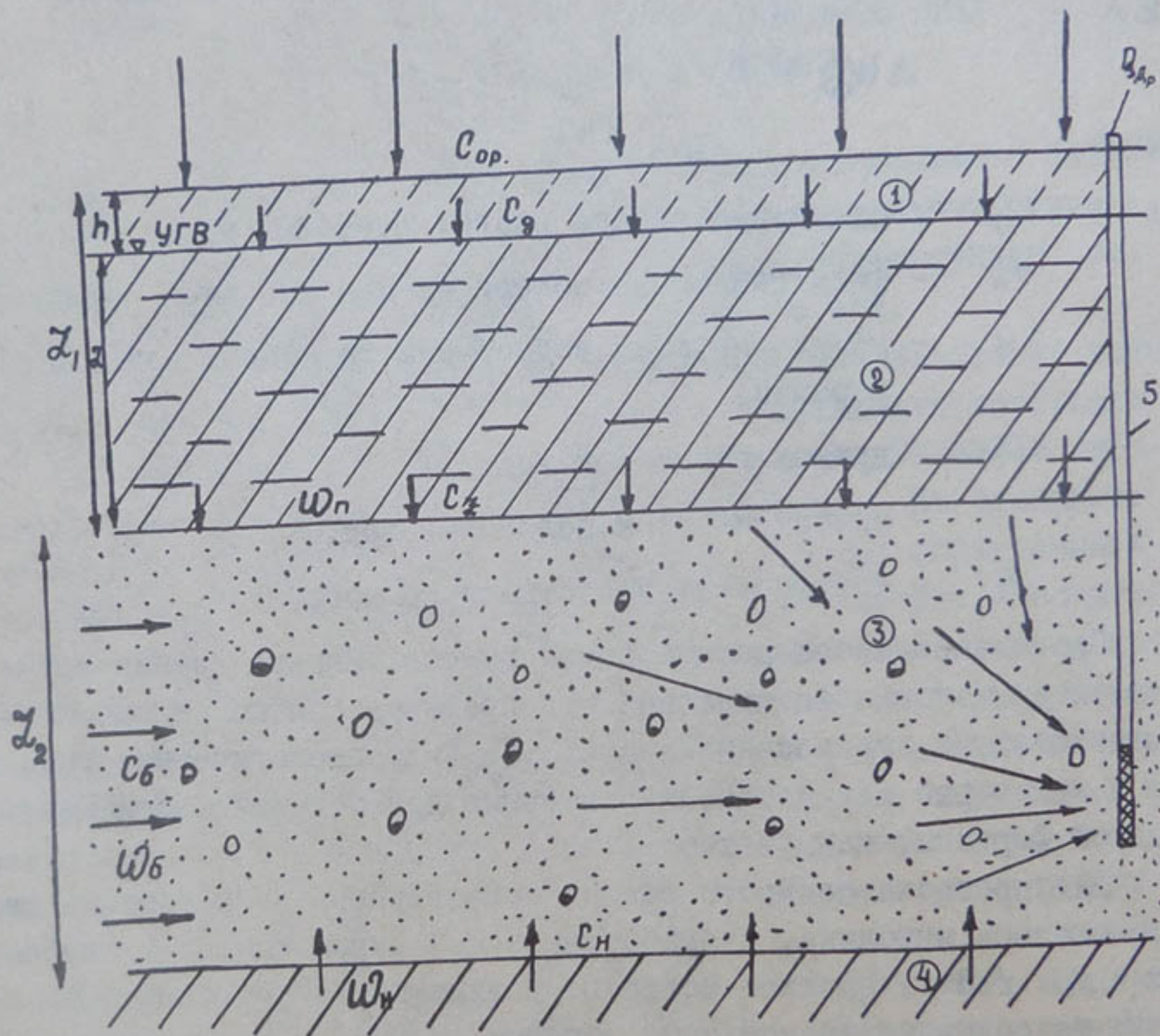


Рис. I. Схема к балансовому расходу минерализации дренажного стока.

- 1 - покровные отложения зоны аэрации (ненасыщенная зона);
- 2 - покровные отложения грунтовых вод (насыщенная зона);
- 3 - водоносный пласт;
- 4 - водоупор;
- 5 - скважина вертикального дренажа.

Т а б л и ц а I

Гидрогеолого-мелиоративные условия и некоторые показатели работы системы скважин вертикального дренажа по зонам Ферганской долины

Гидрогеологические условия	Мелиоративные условия	Мелиоративное задание	Мощность		Коэффициент фильтрации		Минерализация откачиваемых вод, г/л	Глубина заложения скважин, м	Приток подземных вод, м ³ /га
			покровных отложений, м	гравийно-галечниковых отложений, м/сут	покровных отложений, м/сут	гравийно-галечниковых отложений, м/сут			
Зона неглубокого залегания и руслового выклинивания грунтовых вод	незасоленные	осушение площадей и перехват потока подземных вод	по первому ряду, 3-12, по второму ряду 10-30	40-80	0,13-0,3	9-40	9,5-1,5	40-50 и более	5000-7000
Зона неглубокого залегания грунтовых вод	среднезасоленные	рассоление и недопущение реставрации засоления	15-20	20-30	0,22-0,48	13-22	0,3-2,5	30-60	2000-4000
Зона неглубокого залегания высокоминерализованных грунтовых вод	средне- и сильнозасоленные	рассоление и недопущение засоления	10-20	20-30	0,10-0,15		1,5-5,0	50-75	1000-3000

(активная пористость) и $\mathcal{V}$ (скорость фильтрации оросительных вод) – постоянные величины. Почвогрунты мощностью Z подстилаются более проницаемым грунтом при неравномерном начальном засолении. В дренируемом водоносном пласте начальная концентрация солей C_{z_0} , в поливной период при одновременном действии систематического дренажа формируется стационарный режим фильтрационного потока и солепереноса; сверху в пласт поступает поток с равномерно распределенной по площади интенсивностью

$$\omega_n = \frac{q \cdot 10^{-3}}{t},$$

который, пройдя покровные отложения (ненасыщенную и насыщенную зоны) имеет одинаковую по площади концентрацию солей C_z , определяемую расчетами вертикального солепереноса при поливах и промывках / 4 /:

$$C_{z_k} = C_g + \theta (C_{z_0} - C_g),$$

где C_{z_0} , C_{z_k} – начальная и конечная концентрация солей на выходе из насыщенной зоны грунтовых вод в водоносный пласт, г/л;

C_g – концентрация солей инфильтрационных вод, поступающих из зоны аэрации в зону насыщения грунтовых вод, г/л;

θ – безразмерная величина, определяющая изменение и диффузивный процесс концентрации почвенного раствора, определяется по уравнению Н.Бреннера

$$\theta = \frac{C_{z_k} - C_g}{C_{z_0} - C_g} = 2Pe \exp [0,5 (\varepsilon - 0,5 \tau) Pe] \times \\ \times \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\mu_i^2 \cos \mu_i \varepsilon + 0,5 Pe \sin \mu_i \varepsilon}{(\mu_i^2 + 0,25 Pe^2)(\mu_i^2 + 0,25 Pe^2 + Pe)} \cdot e^{-\mu_i^2 \tau / Pe},$$

где Pe – число Пекле, для условий исследуемой территории принято нами равным 0,08;

$\varepsilon = \frac{x}{Z}$; x – точка, в которой определяется концентрация солей;

Z - мощность пласта; по данным гидрогеологических исследований принята равной 20 м. В расчетах принимается мощность насыщенной зоны

$$Z = Z - h; \quad h - \text{уровень грунтовых вод.}$$

В расчетах принято $\chi = Z$, откуда

$$\varepsilon = \frac{\chi}{Z} = 1;$$

τ - величина, определяющая долю поровых объемов, пропускающих оросительную или промывную воду через слой грунта высотой χ ,

$$\tau = \frac{v \cdot t}{m_o \cdot \chi}.$$

Здесь m_o - активная пористость грунта, для расчета принято

$$m_o = 0,13;$$

μ_i - корни трансцендентного уравнения (табулированы в руководствах) / 6 /.

Снизу поступает поток за счет напорного питания, сбоку - приток подземных вод с вышерасположенных земель с интенсивностью соответственно ω_n и ω_δ и концентрацией солей C_n и C_δ .

Для концентрации солей в элементе пласта единичной площади получим балансовое уравнение

$$\omega_n C_n + \omega_n C_n + \omega_\delta C_\delta - (\omega_n + \omega_n + \omega_\delta) C_{dp} = m Z \frac{dC_{dp}}{dt},$$

где m и Z - активная пористость, принятая равной 0,15, и мощность пласта, равная 80 м.

Соли, поступившие в водоносный пласт сверху (C_z), снизу (C_n) и сбоку (C_δ) смешиваются, составляя предельную концентрацию смешивания $\tilde{C}$:

$$\tilde{C} = \frac{\omega_n C_z + \omega_n C_n + \omega_\delta C_\delta}{\omega_n + \omega_n + \omega_\delta}.$$

При этом уравнение, описывающее изменение концентрации солей дренажных вод, имеет вид

$$C_{dpk} = \tilde{C} + (C_{dp0} - \tilde{C}) \cdot e^{-\delta t}.$$

где

$$\ell = \frac{\omega_n + \omega_H + \omega_\delta}{m \bar{z}};$$

t – количество суток в месяце.

В основу прогнозных расчетов заложены фактические параметры водных балансов зоны аэрации и грунтовых вод, минерализации грунтовых и напорных вод; различные варианты содержания солей в почве (0,6; 1,0; 2,0 %) и минерализации оросительных вод (0,8; 1,5; 2,0; 3,0; 5,0 г/л). Режим орошения и другие условия близки к существующим. Начальная минерализация подземных вод, поступающих в каптируемый пласт, постоянна, в зоне неглубокого залегания и руслового выклинивания грунтовых вод она составляет 0,558 г/л; в зоне неглубокого залегания грунтовых вод – 1,32; в зоне неглубокого залегания высокоминерализованных грунтовых вод (целинные и новоорошаемые земли) – 2,5 г/л.

Расчеты, выполненные на ЭВМЕС IO35 за 40-летний период, показывают, что в зоне неглубокого залегания и руслового выклинивания грунтовых вод минерализация подземных вод и зависимости от содержания солей в оросительных водах увеличивается на 0,2–0,8 г/л на слабо- и средnezасоленных землях и на 0,6–1,2 г/л – на сильнозасоленных (табл.2).

В зоне неглубокого залегания грунтовых вод наблюдается резкое увеличение минерализации подземных вод в первые четыре года – на 0,3–0,6 г/л на слабо- и средnezасоленных землях и на 1,2 г/л – на сильнозасоленных. При использовании пресных оросительных вод с минерализацией до 1,0 г/л по истечении 4–5 лет наблюдается стабилизация минерализации подземных вод: 1,6–1,9 г/л на слабо- и средnezасоленных землях и 2,5 г/л – на сильнозасоленных (рис.2).

При использовании минерализованных (от 1,5 до 5,0 г/л) оросительных вод после 4–5-летнего увеличения наблюдается постепенное возрастание минерализации подземных вод и тем быстрее, чем выше минерализация оросительных. В зоне высокоминерализованных грунтовых вод минерализация подземных вод подвержена резкому увеличению в первые два-три года в начале орошения, независимо от минерализации оросительных вод (на 1,0–2,0 г/л на средnezасоленных землях и на 5–5,5 г/л – на сильнозасоленных).

В последующие годы, при орошении пресными водами и водами

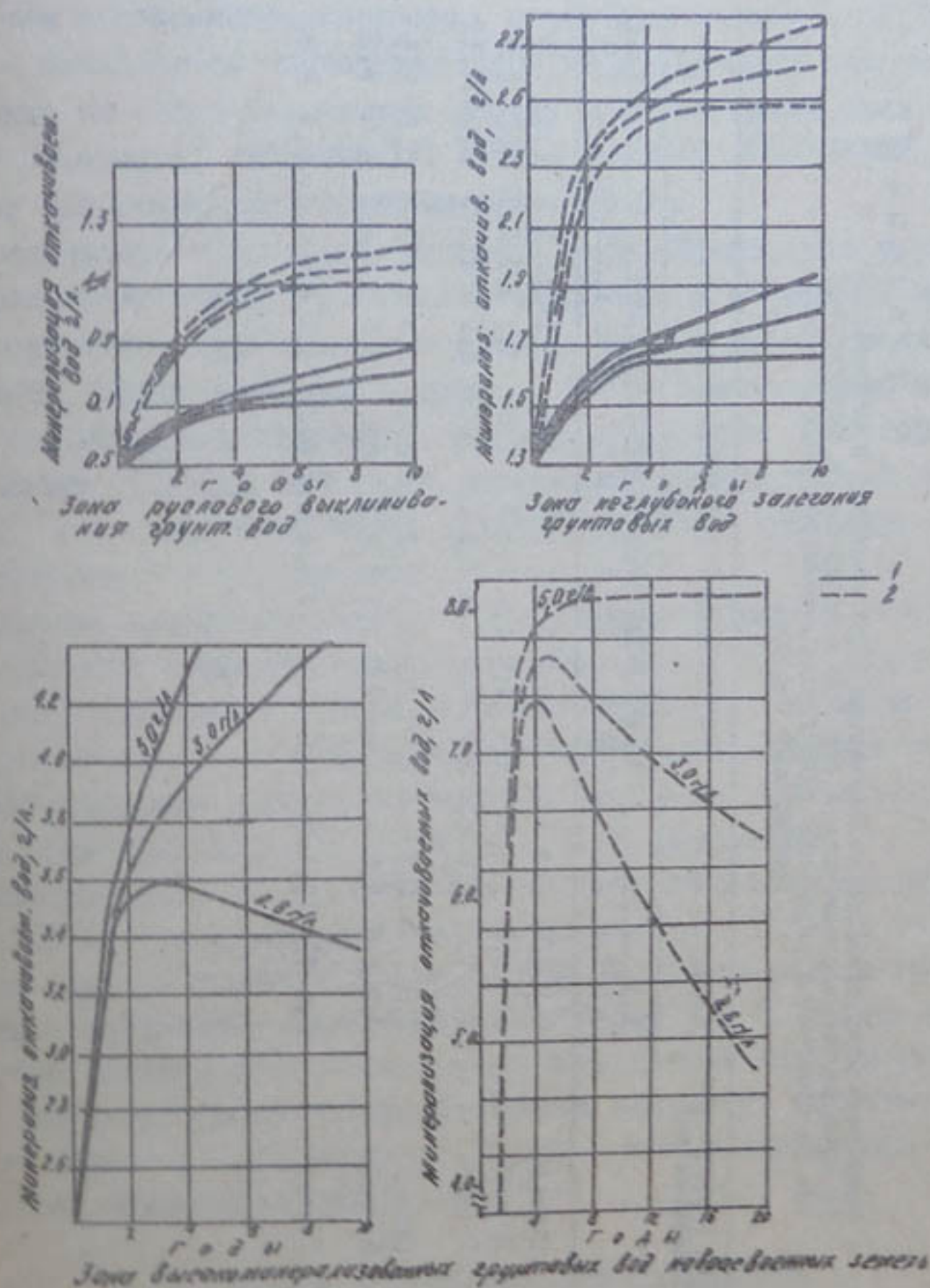


Рис. 2. Динамика минерализации откачиваемых подземных вод в зависимости от минерализации оросительных вод в различных гидрогеологических условиях Центральной Ферганы:

- 1 — засоление почв 0,6 — 1,0 %,
 2 — засоление почв 2,0 % от веса сухой почвы.

Т а б л и ц а 2

Изменение минерализации откачиваемых подземных вод в зависимости от минерализации оросительных вод при длительном их использовании на орошение в различных гидрогеолого-мелиоративных условиях Центральной Ферганы

Гидрогеологическая зона	Ряд формирования подземных вод	Засоление почвогрунтов, ‰														
		0,6					1,0					2,0				
		минерализация оросительных вод, г/л														
		0,8	1,5	2,0	3,0	5,0	10,8	1,5	2,0	3,0	5,0	10,8	1,5	2,0	3,0	5,0
Неглубокое залегание и русловое выклинивание грунтовых вод	Первый	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8
	Второй	1,0	1,3	1,4	1,7	2,4	1,2	1,4	1,6	1,9	2,5	1,7	1,9	2,0	2,4	2,9
	Третий	1,3	1,6	1,8	2,2	3,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,4	2,2	2,5	2,7	3,2	4,1
Неглубокое залегание грунтовых вод	Первый	1,8	1,9	2,1	2,4	2,9	1,9	2,2	2,3	2,6	3,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,6
	Второй	2,2	2,6	2,6	3,4	4,5	2,6	2,9	3,2	3,7	4,8	3,5	3,9	4,1	4,8	5,2
Высокоминерализованные грунтовые воды целинных и недавно орошаемых земель	Первый	3,6	4,4	4,4	5,0	6,0	3,9	4,4	4,4	5,1	6,2	4,4	4,8	4,8	5,2	6,3

с минерализацией 1,5–2,0 г/л, минерализация подземных вод стабилизируется, а затем ее значения уменьшаются. При использовании на орошение высокоминерализованных оросительных вод – от 3,0 до 5,0 г/л – наблюдается постоянный рост минерализации подземных вод и лишь на сильнозасоленных почвах использование этих вод приводит сначала (в течение 2–3 лет) к резкому увеличению минерализации подземных вод, а затем к ее спаду.

В результате прогнозных расчетов установлено, что в условиях Ферганской долины в районах с однослойным строением водоносных горизонтов грунтовых и подземных вод орошение необходимо производить только пресными водами. В этой зоне возможно использование откачиваемых подземных вод, минерализация которых не превышает 0,5–0,8 г/л. В Ферганской долине к этой зоне относится вся предгорная часть с естественной интенсивной дренированностью почвогрунтов.

В случае засоления верхнего слоя почвогрунтов (в той же зоне однослойного строения водоносных горизонтов грунтовых и напорных вод) необходима предварительная промывка орошаемых земель с интенсивным отбором инфильтрационных вод скважинами вертикального дренажа с целью исключения засоления водоносного горизонта подземных вод в результате промывных поливов.

Использование на орошение вод повышенной минерализации (более 1,5 г/л) при минерализации подземных вод 0,5–0,8 г/л возможно лишь на землях с многослойным строением водоносных горизонтов и засолением почвогрунтов не более 1,0 ‰. Режим работы системы скважин вертикального дренажа должен быть умеренным, так как при интенсивном отборе подземных вод могут усилиться нисходящие потоки из водонасыщенной зоны, что неминуемо приведет к засолению водоносного горизонта.

Список использованной литературы

1. Мирзаев С.Ш., Валиев Х.В. Разведка и оценка запасов подземных вод для орошения. – Ташкент, 1977.
2. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978. – 288 с.
3. Икрамов Р.К., Якубов М.А. и др. К вопросу методики прогнозирования минерализации почвенного раствора и грунтовых вод

при близком их залегании на крупных орошаемых массивах // Сб. научн. тр. / Среднеаз.НИИ ирригации. - 1982. - Вып. 166. - С. 3-9.

4. Веригин Н.Н. Методы прогноза солевого режима грунтовых вод. - М.: Колос, 1979. - 366 с.

М.А.Якубов, канд.техн.наук
(Узгипроводхоз)

ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ И СУПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ

Промывной режим орошения должен быть дифференцированным в зависимости от почвенно-мелиоративных условий объекта. Поэтому главной задачей при использовании на орошение дренажных вод является поддержание оптимального водно-солевого режима и регулирование почвенных и мелиоративных процессов инженерными приемами. Необходимость решения такой задачи созрела и для вновь освоенных земель Центральной Ферганы, где часть формируемого стока используется для орошения без научного обоснования.

С 1978 по 1986 год проводились исследования по установлению влияния длительного использования минерализованных вод на почвенно-мелиоративные процессы на двух опытно-производственных участках (ОПУ). На первом участке площадью 102 га полив и промывку проводили дренажной водой с минерализацией 2,0 - 4,4 г/л, а на втором участке (контрольном) площадью 117 га - речной водой с минерализацией 0,5 - 0,9 г/л. Основная возделываемая культура - хлопчатник. Почвогрунты участков представлены суглинистыми грунтами, переслаиваемыми по профилю песками, супесями, а также уплотненными загипсованными шохами. Объемная масса их колеблется от 1,25 (в песках и супесях) до 1,75 т/м³ (в тяжелых грунтах), а коэффициент фильтрации от 0,01 до 0,08 в тяжелых и 0,1 - 2,0 м/сут в легких грунтах. В начале исследований (и освоения) засоленность почвы составляла 0,8 - 1,9 % по сумме солей и 0,04 - 0,2 % - по иону хлора.

С учетом закономерностей изменения почвенно-мелиоративных процессов требовалось обосновать возможность и условия использования слабоминерализованных вод на песчаных и супесчаных землях Центральной Ферганы.

Для прогнозного расчета дополнительных норм профилактического полива в целях сохранения допустимого солевого режима при использовании минерализованных вод приняты зависимости, разра-

ботанные в САНИИРИ Р.В.Савельевой (1978). При этом учитывались закономерности фактических мелиоративных режимов и гидрохимические параметры, установленные по результатам опытных промывок на ОПУ нормами 2000, 4000 и 6000 м³/га. Для определения этих параметров использовались, помимо данных промывок, данные солевых съёмок до и после вегетационных поливов, а также материалы Т.У.Бекмуратова (1985) по промывкам. Определение гидрохимических параметров и прогнозные расчеты выполнены на ЭВМ БЭСМ-4М.

Для выбранной модели прогноза определены следующие гидрохимические параметры (табл. I): α – гидрохимический параметр сорбции, характеризующий "скорость" обмена солями между неподвижной (скелет грунта) и подвижной (поровой раствор) фазами. Этот параметр включает также фильтрационные свойства грунта;

η – гидрохимический параметр перемешивания, определяющий "скорость" выравнивания концентрации в сквозных порах после перехода солей из неподвижной фазы в подвижную. В него включена и фильтрационная характеристика грунта; μ – активная пористость и другие параметры, входящие в математическую модель, описывающие процесс миграции солей при орошении; ρ_e – гидрохимический параметр, характеризующий дисперсионные свойства данной пористой среды. Он численно определяет форму исходной солевой эпюры зоны аэрации.

Т а б л и ц а I

Значения гидрохимических параметров для
ОПУ в Центральной Фергане

Номер ОПУ	Хозяйство	Кол-во опре- деле- ний	Гидрохимические параметры			
			ρ_e	α	η	μ
ОПУ-1	Колхоз им. XX Парт- съезда Бувайдин- ского района	1	0,05	0,62	1,46	0,022
		2	0,07	0,83	1,65	0,032
		3	0,128	0,92	1,86	0,042
		4	0,123	1,32	2,95	0,041
ОПУ-2	Колхоз им. К. Маркса	5	0,09	1,03	1,2	0,040
		6	0,06	0,84	1,13	0,025
Среднее			0,09	0,93	2,21	0,034

Многолетние опытные данные показывают, что в период вегетации при оросительной норме (полив пресной поверхностной водой) 6100–6900 м³/га (в среднем 6500 м³/га) и выпадении осадков до 600–1200 м³/га регулирование уровня грунтовых вод в пределах 1,5–2,0 м обеспечивает стабильный солевой режим почв на опресненных землях. Использование же на орошение дренажных вод с различной минерализацией до осени приводит к накоплению солей в почвогрунтах зоны аэрации.

Перед нами стояла задача установить путём проведения прогнозных расчетов необходимые нормы воды, исключающие процесс реставрации солей в зоне аэрации.

Мы провели три варианта расчетов при промывке водой с разной степенью минерализации (1, 3, 5 г/л), при засолении почв по хлору от 0,009 до 0,012 % и уровне грунтовых вод 1,5–2,0 м. Каждый вариант включал два подварианта распределения минерализации по месяцам, в том числе и профилактический полив в марте. В подварианте Ia профилактический полив в марте и в первой половине вегетационного сезона проводился пресной водой ($\bar{n}_{op} = 0,5$ г/л), а во второй половине водой с минерализацией 1 г/л. Во втором подварианте Ib профилактический полив в апреле осуществлялся пресной водой ($\bar{n}_{op} = 0,5$ г/л), а все вегетационные – водой с минерализацией 1,0 г/л. Аналогичные варианты проводились для случаев использования воды с минерализацией $\bar{n}_{op} = 3$ и 5 г/л (табл.2).

Как видно из расчетов (табл.3), для поддержания заданного солевого режима по иону хлора от 0,009 до 0,012 % в вариантах с разной минерализацией норма профилактических поливов меняется от 2013 до 3963 м³/га. Иначе норму водоподдачи по сравнению с пресной водой следует увеличить с 8 до 30 % в зависимости от минерализации поливной воды. При использовании на орошение воды с минерализацией 1 г/л в подварианте Ib суммарная норма водоподдачи в год составила: $B = 6500 + 1519 + 2127 = 10146$ м³/га, при $\bar{n}_{op} = 3$ г/л: $B = 6500 + 1519 + 3296 = 11315$ м³/га и в третьем случае $B = 11982$ м³/га.

Необходимые нормы профилактического полива можно подавать в период вегетации или же в осенне-зимний период в виде промывных поливов.

Таким образом, для предотвращения реставрации засоления необходимо увеличить норму водоподдачи. Эти мероприятия могут по-

Т а б л и ц а 2

Варианты распределения минерализованных вод
по месяцам

Минерализация воды, г/л		I-П	III	IУ	У	УІ	УП	УШ	ІХ	Х-ХІІ
Минерализация поливной воды, г/л										
I	а	0	0,5	0	0,5	0,5	I	I	I	0
	б	0	0,5	0	I	I	I	I	I	0
3	а	0	0,5	0	0,5	0,5	3	3	3	0
	б	0	0,5	0	3	3	3	3	3	0
5	а	0	0,5	0	0,5	0,5	5	5	5	0
	б	0	0,5	0	5	5	5	5	5	0

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета норм профилактических поливов
в целях сохранения солевого режима

Уровень грунто- вых вод, м	Параметр Пекле, $\rho_{\text{с}}$	n_1, n_2 $\bar{n}$	Прес- ная во- да, м ³ /га	Вари- ант	Минерализация, г/л и норма, м ³ /га		
					I	3	5
$\frac{2,0}{1,5}$	0,05-0,1	$n_1 = 0,09$ $n_2 = 0,01$ $\bar{n} = 0,012$	1519	$\frac{a}{б}$	$\frac{2013}{2127}$	$\frac{3036}{3296}$	$\frac{3673}{3963}$

Примечание: n_1 - среднее содержание cl' , % в слое 0-100 см
 n_2 - среднее содержание cl' , % в слое 100-200 см
 $\bar{n}$ - среднее содержание cl' , % на уровне грунто-
 товых вод

требовать повышения дренированности территории. Следовательно, целесообразность использования воды с той или иной минерализацией должна решаться на основе технико-экономических расчетов.

Технико-экономическое обоснование возможности использования минерализованных вод на орошение

Расчеты экономической эффективности проводились для участка площадью 101,8 га на случай 75 %-ной водообеспеченности источников орошения (пресной речной водой), когда минерализованные воды используются для покрытия дефицита пресной воды, что приводит к увеличению нормы водоподачи от 2127 до 3963 м³/га в зависимости от минерализации дренажных вод для поддержания существующего солевого режима почв зоны аэрации. Расчеты по ВСН 33.2.2.03.86. (Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования. 1987) показывают, что для поддержания уровня грунтовых вод в пределах 2 м при минерализации воды 1 г/л удельную протяженность дренажных систем необходимо увеличить до 44,9 м/га, или на 0,4 м/га против существующей 44,5 м/га; при $\bar{n}_{op} = 3$ г/л – до 46,1 м/га, или на 1,6 м/га; при $\bar{n}_{op} = 5$ г/л до 47,1 м/га, или на 2,6 м/га. При этом дополнительные затраты на увеличение мощности горизонтального дренажа в зависимости от степени минерализации поливной воды составят соответственно 7,0; 25,6; 41,3 руб/га.

Для расчета оптимального варианта экономической эффективности с учетом степени минерализации поливной воды приняты следующие показатели:

- фактическая средняя урожайность хлопка-сырца на опытно-производственных участках – 26 ц/га;
- реализационная цена хлопка-сырца – 64 руб/ц;
- доля налога с оборота хлопка-сырца – 41 руб/ц;
- урожайность хлопка-сырца при дефиците поливной воды установлена по графикам зависимости урожая хлопчатника от норм водоподачи (данные А.Усманова и Р.И.Паренчик, 1982 г.);
- снижение урожая в результате использования на орошение минерализованных вод определено по данным А.Усманова 1982 г;
- промывные нормы для ликвидации накопленных солей в зоне аэрации в конце маловодных лет получены на основе обработки и анализа данных автора по промывкам на ОПУ;

стоимость профилактических поливов и промывок принята по "Типовым перспективным технологическим картам по производству хлопка-сырца на 1976–1980 гг. в Узбекской ССР" (Ташкент, 1976). Она складывается из стоимости запасных и профилактических поливов по бороздам нормой около $2000 \text{ м}^3/\text{га}$, равной 11,28 руб/га и стоимости промывного полива нормой $3000\text{--}4000 \text{ м}^3/\text{га}$ при одноразовой подаче равной 12,75 руб/га. Результаты расчетов приведены в табл.4.

Данные табл.4 показывают, что экономический эффект можно получить, используя для полива коллекторно-дренажные воды с минерализацией до 3 г/л, несмотря на затраты по увеличению дренарованности территории ОПУ. Экономический эффект с каждого га при этом составит 5,9 руб/га, а при поливе водой $\bar{m}_{op} = 1 \text{ г/л}$ – 59,2 руб/га.

Полив дренажной водой $\bar{m}_{op} = 5 \text{ г/л}$ наносит ущерб, поэтому без разбавления использовать её на поливы не рекомендуется.

Технико-экономическое обоснование возможности использования минерализованных вод для орошения 95 тыс.га земель Центральной Ферганы в маловодные годы

В Центральной части Ферганской области площадь земель, где можно использовать минерализованные воды для орошения сельскохозяйственных культур, составляют около 95 тыс.га. Расчеты выполнены для маловодного года при 75 %-ной водообеспеченности пресной речной водой и покрытия этого дефицита за счет использования на орошение дренажных вод с различной минерализацией на всем массиве.

Исходные условия для расчета: доля хлопчатника в общем севообороте составляет, как и на опытно-производственных участках, 69 %, остальных культур – 31 %. Гидрогеологомелиоративные, почвенные и водохозяйственные условия ОПУ являются типичными для рассматриваемого массива, поэтому нормы дополнительных профилактических поливов при использовании дренажных вод с различной минерализацией приняты такие же, как на опытно-производственных участках. Средняя урожайность хлопчатника – 27 ц/га. При 25 %-ном дефиците пресных оросительных вод урожайность снижается до 4,05 ц/га. Для 100 %-ной водообеспеченности используются на орошение дренажные воды с минерализацией 1; 3 и 5 г/л.

Т а б л и ц а 4

Технико-экономические показатели эффективности использования
минерализованных вод на примере ОПУ

Минерализа- ция полив- ной воды $\bar{p}_{op}$, г/л	Норма до- полнитель- ной водо- подачи, м ³ /га	Затраты на увеличение дренирован- ности, руб/га	Совокупная стои- мость дополнитель- ной продукции, руб.		Суммарные затраты на		Суммарный годо- вой экономичес- кий эффект с вы- четом затрат на дренаж, руб/га
			хлопчатни- ка с уче- том доли мелиора- тивных ме- роприятий	прочих культур	забор и полив сель- скохозяй- ственных культур из КДС, руб	промыв- ные поли- вы в осен- не-зимний период, руб	
I	2127	7	10216,5	561,5	1299,2	2636	59,2
3	3296	25,6	7448,9	408,0	2013,2	2636	5,9
5	3963	41,3	5162,6	282,8	2420,6	2636	ущерб (-37,5)

Т а б л и ц а 5

Технико-экономические показатели эффективности использования минерализованных вод в маловодные годы на площади 95 тыс. га

Вариант	Минерализация поливной воды по ор, г/л	Затраты на увеличение дренажности территории, руб/га	Совокупная стоимость до-полнительной продукции, тыс/руб		Суммарные затраты, тыс/руб		Суммарный годово-вой экономический эффект, руб/га
			хлопчатника с учетом доли мелиоративных мероприятий	прочих культур	забор и по-лив с/х культур из КДС	промывные поливы в осенне-зим-ний период	
I	I	7	9567,02	523,97	I2I2	27I5,5	73,96
	3	25,6	6435,37	354,34	I879	27I5,5	I3,6
	5	4I,3	4790,39	263,87	2259	27I5,5	ущерб
2	I	7	2357,3	I29,1	303,09	678,8	56,3
	3	25,6	20I3,2	I10,26	469,68	678,8	I6,2
	5	4I,3	987,7	54,09	564,73	678,8	ущерб

При этом в качестве расчетных приняты два варианта:

I. Минерализованные воды используются только на 25 % земель орошаемой территории (95 тыс.га), т.е. на площади 23,75 тыс.га без смеси с поверхностной. На остальной части массива - 75 % площади (71,25 тыс.га) полив ведётся только пресной водой со 100 %-ной водообеспеченностью.

Результаты расчета технико-экономической эффективности (табл.5) показывают, что в обоих вариантах использование вод с минерализацией I и 3 г/л наиболее эффективно. В первом варианте годовой экономический эффект составил: при $\bar{n}_{op} = 1$ г/л - 73,9 руб/га, при $\bar{n}_{op} = 3$ г/л - 13,6 руб/га. Во втором варианте при $\bar{n}_{op} = 1$ г/л - 56,3 руб/га, а при $\bar{n}_{op} = 3$ г/л - 16,2 руб/га. Использовать воду с минерализацией более 5 г/л не рекомендуется.

Отметим, что в прогнозных расчетах не учитывались сложности организации и проведения отдельных поливов минерализованной водой на всей площади (95 тыс.га) рассматриваемого массива. С учетом этого факта, очевидно, второй вариант окажется наиболее эффективным.

Таким образом, результаты прогнозных расчетов доказывают возможность и эффективность использования в маловодные годы дренажных вод с минерализацией до 3 г/л как на ограниченной площади, так и на большой территории, даже с учетом повышенных затрат на дренаж. При этом обязательным является поддержание промывного режима орошения с регулированием водно-солевого режима в допустимых пределах, а уровня грунтовых вод в пределах 1,5-2,0 м. Использовать же дренажные воды с минерализацией 5 г/л можно только в смеси с поверхностной пресной водой.

Список использованной литературы

1. Бекмуратов Т.У. Эффективность промывок засоленных земель минерализованной водой в условиях Ферганской области // Сб. научн. тр. / Среднеаз. НИИ ирригации: - 1985. - Вып. 173. - С. 66-75.
2. Савельева Р.В., Белоусов О.М., Якубов Х.И. Расчет мелиоративных мероприятий для условий северной зоны ККАССР // Не-которые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Аму-

- дарьи. - Нукус: Каракалпакистан, 1979. - С.179-209.
3. Усманов А.У., Паренчик Р.И. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель. - Ташкент: САНИИРИ. - 1982. - 70 с.

И.Б.Рузиев, канд.техн.наук
(НПО САНИИРИ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОПЛАТО ДЛЯ ОЧИСТКИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД ОТ АГРОХИМИКАТОВ И ДРУГИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Интенсификация промышленного производства, химизация сельского хозяйства и быта людей вводит в биотический круговорот природы большие количества соединений с токсическими свойствами, многие из которых попадают в водоемы с промышленными, бытовыми сточными водами и стоками с сельскохозяйственных и лесных угодий.

Интенсивное развитие орошения в Средней Азии сопровождалось ростом минерализации и загрязнением речных вод за счет возвратных стоков с сельскохозяйственных угодий, содержащих растворенные соли, минеральные удобрения и пестициды.

По данным САНИИРИ, из общего объема возвратных вод бассейна Аральского моря 31-32 км³ обратно в реки сбрасывается 17-18 км³: около 11-12 км³ в ствол р.Амударьи и 7-8 км³ - р.Сырдарьи. Из-за многократного использования возвратных вод общий объем водных ресурсов возрастает, но вместе с тем наносится огромный ущерб народному хозяйству в связи с ухудшением питьевого водоснабжения и мелиоративного состояния земель низовьев рек, сокращением рыбной продуктивности водоемов, выходом из строя подземных линз пресной воды и т.д. Поэтому для Среднеазиатского региона вопросы изучения динамики стока и загрязнения коллекторно-дренажных вод, процесса самоочищения в озерах, водосолеприемниках и на транзитных участках коллекторов, разработки биологических методов очистки сельскохозяйственных стоков от наиболее стойких и токсичных пестицидов, биогенных элементов и других загрязнителей в настоящее время наиболее актуальны.

В условиях дефицита водных ресурсов использование коллекторно-дренажных вод улучшенного качества как дополнительного источника орошения сельскохозяйственных культур имело бы большое значение. Но это требует систематического контроля степени и вида загрязнения, разработки технологии очистки отдельных загрязнителей.

Нами на протяжении нескольких лет проводятся полевые исследования и лабораторные опыты по определению фонового содержания пестицидов и динамики их распределения в воде, донных отложениях, растениях крупных коллекторов бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи, по выявлению самоочищающей способности коллекторов как естественным, так и искусственным методом в присутствии водных культур.

В настоящее время для очистки воды от загрязнителей применяются физико-химические, механические и биологические методы. Одним из эффективных методов очистки сельскохозяйственных стоков и коллекторно-дренажных вод от пестицидов и биогенных элементов является биологический с применением высших водных растений (биоплато – биологические пруды, биоинженерные сооружения). Он дешевле существующего физико-химического метода. Так, если стоимость очистки существующими методами составляет 1,6–5,0 коп/м³, то ориентировочная стоимость создания биоплато для биологической очистки коллекторно-дренажных вод от загрязнения, по данным САНИИРИ, составляет 0,1–0,05 коп/м³.

Предлагаемый способ очистки коллекторно-дренажных вод от пестицидов и других загрязнителей основан на способности некоторых видов макрофитов интенсифицировать в водоемах процессы биохимического окисления органических веществ.

Для изучения динамики поглощения и деструкции пестицидов нами проведен ряд опытов в лабораторных условиях – лотках, аквариумах и натурных – проточных и транзитных коллекторах, которые пересекают озера с естественными зарослями растений.

Опыты показали, что тростник, ежеголовник, камыш прибрежный, рогоз узколистный и широколистный, водный гиацинт, пистия способны кумулировать пестициды и другие загрязнители в своем организме и переводить их в метаболиты, т.е. менее токсичные соединения. Считается, что в дневной период при интенсивном развитии тростник способен выделить в воду огромное количество кислорода, который ускоряет биохимические процессы, что ведет к окислению и деструкции загрязняющих органических компонентов.

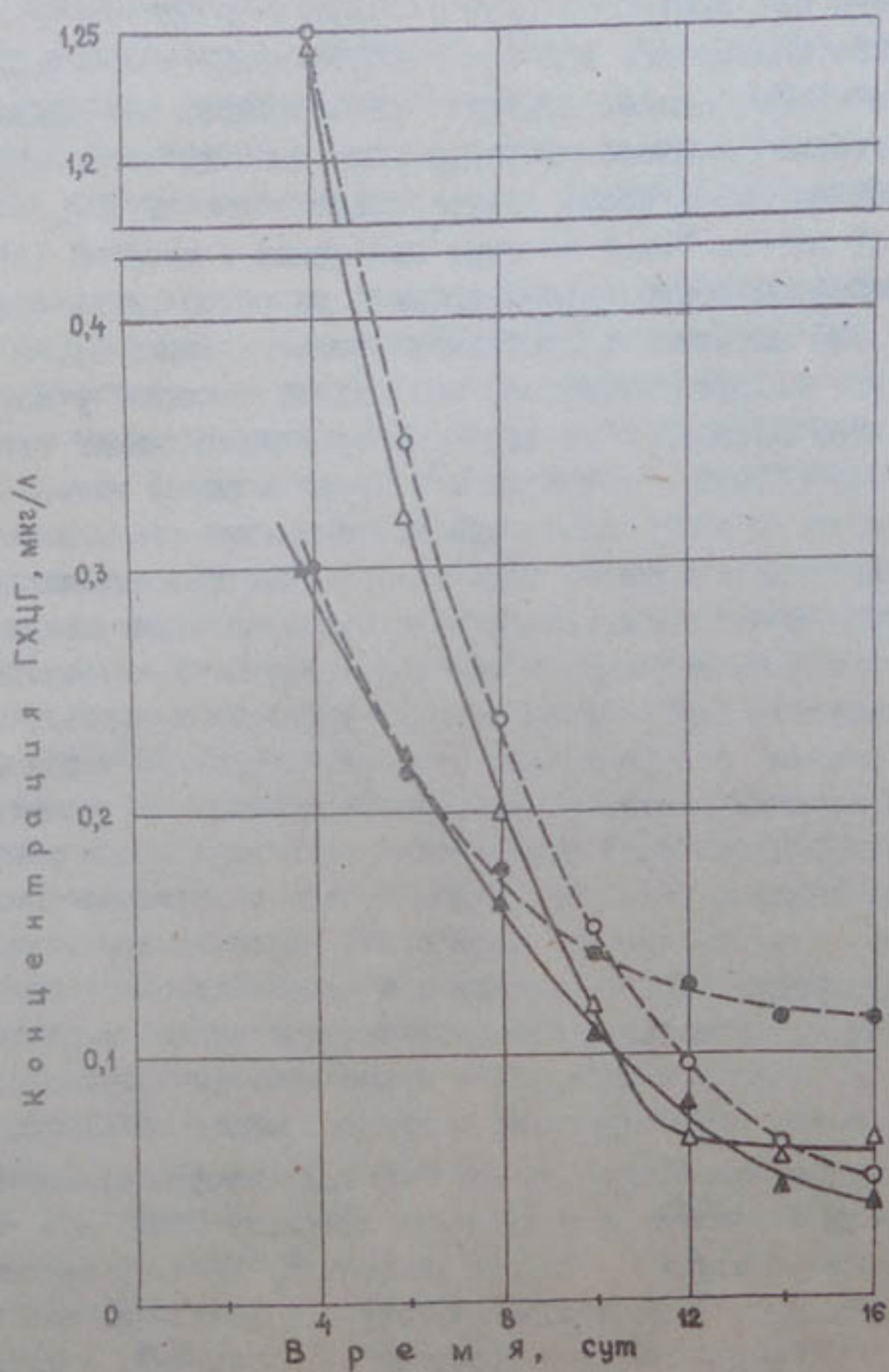
С целью установления очистной эффективности водного гиацинта и пистии в биологической очистке коллекторно-дренажных вод от пестицидов использовали воду из коллектора Шурузяк. Опыт проводили в прямоугольных аквариумах емкостью 60 л. Исходная плот-

ность культуры 400 г на каждый сосуд. Был установлен контрольный аквариум без растений.

Фоновое содержание ХОП (α - и β - ГХЦГ): α - 0,316, β - 1,246 мкг/л. После пяти дней эксперимента эти показатели в присутствии водного гиацинта снизились до α - 0,138, β - 0,066 мкг/л, а через десять суток α - 0,002, β - 0,041 мкг/л. Такой же опыт проводили с пистией (рисунок). Эти показатели в контрольном варианте до конца опыта оставались довольно высокими и составили соответственно 0,172 и 0,112 мкг/л. Следует отметить, что водный гиацинт, участвуя в очистительном процессе, за короткий срок накапливает значительную биомассу (176,2 - 190,5 кг/м² в сутки в сыром виде).

Аналогичные опыты проводили под открытым небом в лотках длиной 6 м, разделенных на пять частей. Вместимость каждого отсека около 500 л. В первом отсеке посадили ежеголовник, во втором - тростник и камыш, в третьем - уруть, в четвертом все растения вместе (ежеголовник, камыш, тростник и уруть), пятый был контрольным, без растений. Эксперимент начали через 20 суток после посадки растений. Препарат применяли из расчета 0,1 мг/л, через 2 часа после его внесения отбирали пробы растений и воды для анализа. Анализы показали, что в лотке максимальное поглощение началось через 2 часа после внесения препарата, при этом концентрация ГХЦГ в растениях и воде постепенно уменьшалась. В течение 3 месяцев концентрация пестицидов в растениях снизилась с 54 до 1,9 мг/кг, что можно объяснить процессом деградации, когда ГХЦГ переходит в другую, менее токсичную, форму.

При проведении опытов по очистке коллекторно-дренажных вод в качестве загрязнителя использовали препарат ГХЦГ, а в качестве фильтра (очистителя) - водные макрофиты. Посадку растений производили в следующей последовательности: в начале канала на участке длиной 30 м был посажен тростник обыкновенный, в следующем секторе в углубленной части посадили пистию с водным гиацинтом, в третий сектор - рогоз малый, далее уруть, рогоз узко- и широколистный. Как показали фенологические наблюдения за растениями, фоновое содержание пестицидов в воде следующее: α - 1,865 мкг/л, β - 0,700 мкг/л, ДДЕ - 0,069, ДДТ - 0,100. Через час концентрация пестицидов снизилась до 0,480; 0,180; 0,059;



Изменение концентрации α - и γ -ГХЦГ в воде
в присутствии эйхорнии и пистии:

- $\circ$ --- $\circ$ α -ГХЦГ + пистия
 Δ --- Δ γ -ГХЦГ + эйхорния
 $\bullet$ --- $\bullet$ α -ГХЦГ + эйхорния
 $\blacktriangle$ --- $\blacktriangle$ γ -ГХЦГ + пистия

0,050, соответственно, а через 2 суток она составила 0,058; 0,086; 0,044; 0,010.

Для проведения эксперимента в натуральных условиях был выбран коллектор, естественно заросший высшими водными растениями, плотность которых составляла 250 шт/м² (тростник, рогоз узколистый и широколистный и др.). Коллектор был разделен на 3 створа по 30 м длиной. 4 %-ный препарат вносили по всей ширине коллектора и пробы на анализ отбирали с учетом скорости добегания воды после внесения препарата. Результаты показали, что, проходя через заросли тростника и рогоза, концентрация препарата уменьшается в несколько раз. Например, фоновая концентрация α - 0,176 мкг/л, γ - 16,88 мкг/л, а в следующем створе в конце опыта концентрация составляла: α - 0,096, γ - 0,337. Как видно, в натуральных условиях в присутствии высших водных растений происходит процесс очистки воды от загрязнителей.

Таким образом, можно сделать вывод, что высшие водные растения (камыш, рогоз, ежеголовник, тростник обыкновенный, тропические - водный гиацинт, пистия и др.) кумулируют ХОП. Поэтому нами для предотвращения загрязнения речных вод предлагается создание биоплато - биологических прудов в устьевых частях коллекторов, вода из которых сбрасывается в ствол реки..

Очистка сбросных и коллекторно-дренажных вод может осуществляться в искусственно создаваемых биопрудах или непосредственно в самих коллекторах.

Биопруд (биоплато) - это водоохранное сооружение или конструктивный элемент гидротехнического сооружения, в котором сообщество высших водных растений естественного или искусственного происхождения используется в качестве биофильтров для очистки воды от загрязняющих веществ.

Механизм очистки воды в биоплато достаточно сложен и существенно различен для разных загрязняющих примесей. Очистку воды осуществляют не только высшие водные растения, но все сообщество в целом - бактериальное население зарослей, донные, эпифитные, планктонные водоросли и беспозвоночные животные. Наиболее полная очистка достигается при последовательном протекании воды через заросли воздушно-водных и погруженных растений.

Для полного использования очистительной способности макрофитов в биоплато должна соблюдаться постоянная проточность

с тем, чтобы осуществлялся максимальный массообмен между этим сооружением и основным потоком. Площадь застойных зон в биоплато должна быть сведена к минимуму.

Для создания биоплато различных типов необходимы посадки воздушно-водных растений, главным образом тростника. Технология посадки тростника корневищно-грунтовой массы заключается в заборе этой массы в естественных куртинах, транспортировке и укладке ее в зоне создания биоплато. Оптимальные сроки посадки: весна (март-апрель), осень (октябрь-ноябрь).

И.Б.Рузиев, канд. техн. наук; Б.Г.Остроброд, канд. хим. наук
(НПО САНИИРИ)

ПРОГНОЗ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИМИ ПЕСТИЦИДАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛИЗАЦИИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД

Территория бассейна Амударьи является зоной интенсивного развития орошения на фоне применения высоких доз удобрений и пестицидов при выращивании хлопчатника, риса и других сельскохозяйственных культур. Большинство орошаемых почв этой зоны подвергнуто сильному засолению. В этих условиях с орошаемых земель коллекторно-дренажными водами выносятся не только вредные и питательные соли, но и разнообразные пестициды (гербициды, инсектициды, дефолианты и др.).

В целом минерализация коллекторно-дренажных вод (КДВ) хорошо коррелирует с засолением орошаемых почв, величиной водопада, протяженностью, глубиной и мощностью дренажных систем и т.д.

Основные статистические параметры варьирования минерализации КДВ по некоторым магистральным коллекторам и озёрам, являющимися водосолеприёмниками, приведены в табл. I. При общей величине выборки наблюдений за минерализацией КДВ, равной 96, диапазон варьирования составляет 0,77 - 8,38 г/л при средней величине $2,84 \pm 1,31$ г/л. Эти усредненные показатели мало отличаются от параметров для каждого конкретного коллектора или озера-водосолеприёмника.

Статистические параметры минерализации коллекторно-дренажных вод

Объект	n	Σx	$\bar{X},$ г/л	$x_{min},$ г/л	$x_{max},$ г/л	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	σ
Главный Кунград-ский колл.	13	45,68	3,51	1,37	7,19	33,32	1,60
КС-1	16	39,78	2,49	1,12	8,38	47,02	1,71
КС-3	12	32,27	2,69	0,86	4,78	21,56	1,34
КС-4	14	36,71	2,62	0,77	4,98	23,18	2,29
Оз.Каратерень	13	38,27	2,94	1,18	4,38	9,44	0,85
Оз.Дауткуль	14	32,99	2,36	1,24	3,15	5,23	0,61
Оз.Акчакуль	8	29,18	3,65	2,71	3,48	2,57	0,57
Оз.Дарьялык	6	18,09	3,02	1,37	3,84	3,83	0,80
И т о г о	96	272,96	2,84	0,77	8,38	163,79	1,31

Значения минерализации КДВ по обследованным коллекторам и озёрам-водосолеприёмникам подчиняются нормальному закону распределения с некоторой асимметрией ($As = 0,88$) и эксцессом ($Ex = -0,124$). Расчет теоретической кривой распределения минерализации КДВ с помощью нормированной плотности нормального распределения $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$ выполнен в табл. 2.

Правомерность подчинения нормальному закону распределения подтверждается выполнением критерия χ^2 Пирсона.

Пробы воды из коллекторов и озёр-водосолеприёмников для определения минерализации и основных хлорорганических пестицидов (ХОП) (α - и γ - ГХЦГ, ДДЕ, ДДТ) отбирались одновременно.

Т а б л и ц а 2

Расчет теоретической кривой распределения минерализации КДС с помощью
нормированной плотности нормального распределения

Интервал $a - b$	Эмпиричес- кая частот а m_j	$x = \frac{a+b}{2}$	$t = \frac{x - M(x)}{\sigma}$	$f(t)$	$\frac{h}{\sigma} f(t)$	$N \frac{h}{\sigma} f(t)$	Теоретичес- кая частота m_T
0,77 - 1,52	15	1,145	-1,29	0,174	0,0996	10,6	11
1,52 - 2,28	22	1,900	-0,72	0,308	0,1787	17,2	18
2,28 - 3,04	20	2,660	-0,14	0,395	0,2292	22,0	22
3,04 - 3,80	18	3,420	0,44	0,362	0,2100	20,2	21
3,80 - 4,57	13	4,185	1,03	0,235	1,1381	13,3	14
4,57 - 5,33	5	4,950	1,61	0,109	0,0632	6,1	7
5,33 - 6,09	1	5,710	2,19	0,036	0,0209	2,0	2
6,09 - 6,85	-	6,470	2,77	0,009	0,0052	0,5	1
6,85 - 7,61	1	7,230	3,35	0,0015	0,0009	0,1	-
7,61 - 8,38	1	7,995	3,94	0,0002	0,0001	0,0	-
96							95

При расчетах статистических параметров загрязнения КДВ ХОП за основу было принято суммарное содержание их в анализируемой пробе воды. В целом загрязнение КДВ при величине выборки '96 варьирует от 0,002 до 1,52 мкг/л при средней величине $0,224 \pm 0,231$ мкг/л. Размах варьирования и средняя величина загрязнения мало отличаются от показателей, характерных для каждого конкретного коллектора и озера-водосолеприемника (табл.3).

Величина загрязнения КДВ ХОП подчиняется закону логнормального распределения. Расчет теоретической кривой распределения содержания пестицидов в КДВ с помощью функции логнормального распределения выполнен в табл.4. Правомочность применения логнормального закона распределения подтверждается вычислением критерия χ^2 Пирсона.

Более детальный анализ динамики минерализации КДВ и загрязнения их ХОП указывает на наличие определенной связи между ними. Можно считать, что характер этой связи определяется законами распределения, которым подчиняются параметры: минерализация - нормальному закону, загрязнение пестицидами - логнормальному закону. Исходя из этого, зависимость величины загрязнения пестицидами от минерализации в общем виде можно записать формулой

$$\ln P = \alpha_0 + \alpha_1 M,$$

где P - загрязнение КДВ ХОП, мкг/л;
 M - минерализация, г/л;
 α_0 и α_1 - эмпирические коэффициенты, определяемые с помощью метода наименьших квадратов.

Эта же зависимость может быть записана в виде

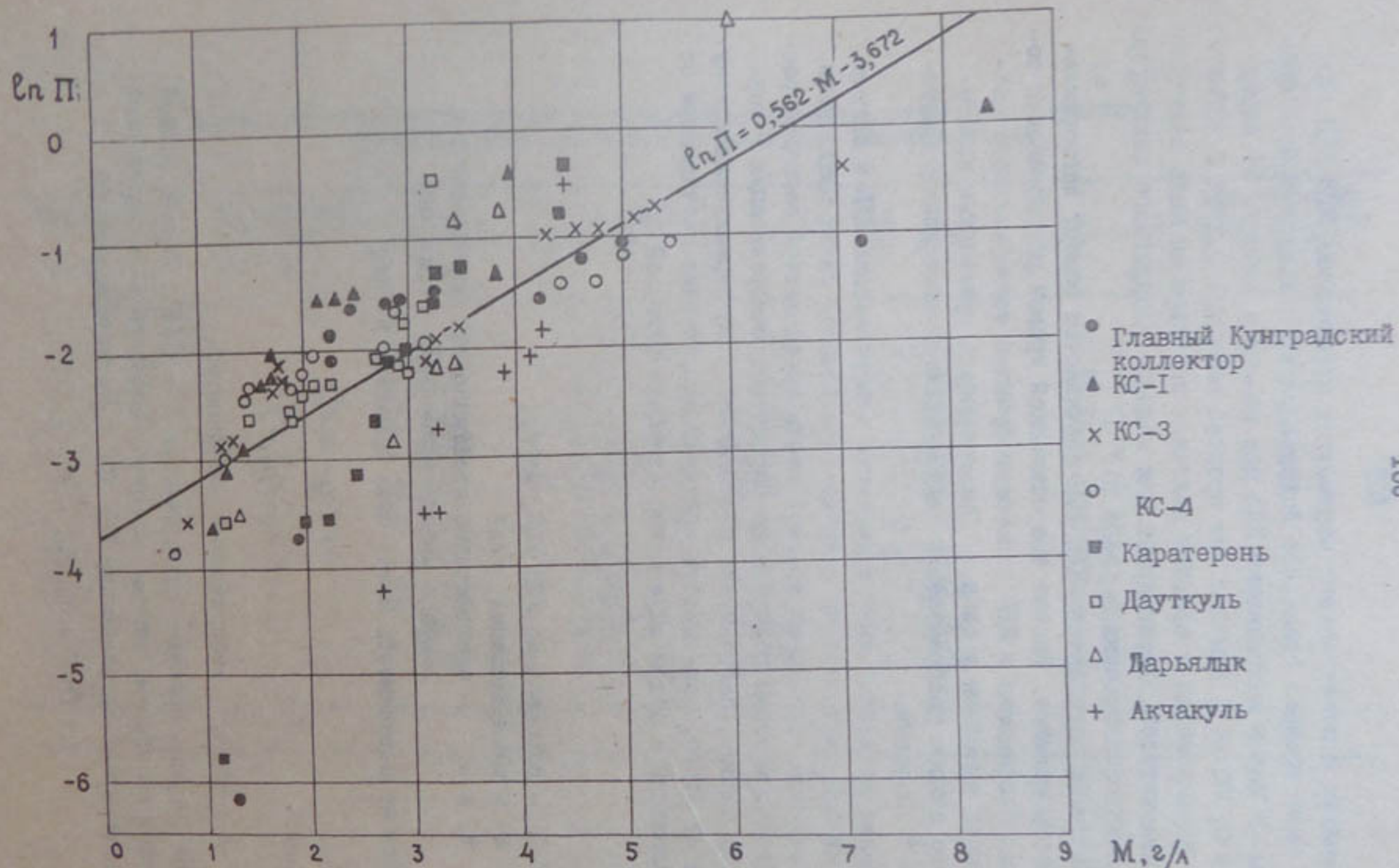
$$P = \exp(\alpha_0 + \alpha_1 M)$$

или $P = B \exp(\alpha_1 M),$

где $B = \exp \alpha_0$ - эмпирический коэффициент.

На рисунке приведена зависимость $P = f(M)$. Расчет кривой регрессии по опытным данным позволяет определить окончательный вид связи между загрязнением КДВ ХОП и их минерализацией

$$\ln P = 0,5616 \cdot M - 3,6716$$



Зависимость загрязнения коллекторно-дренажных вод пестицидами от минерализации

Статистические параметры загрязнения ир-
латорно-дренажных вод пестицидами

Объект	n	Σx	$\bar{x}$, мкг/л	x_{min} мкг/л	x_{max} мкг/л	$\Sigma (x_i - \bar{x})^2$	σ
Главный Кунград- ский колл.	14	2,911	0,208	0,002	0,308	0,153	0,104
КС-1	12	3,213	0,268	0,026	1,152	1,188	0,315
КС-3	15	3,936	0,262	0,028	0,962	0,871	0,241
КС-4	15	3,111	0,207	0,020	0,719	0,466	0,176
Оз. Каратерень	13	3,190	0,245	0,003	0,789	0,860	0,257
Оз. Дауткуль	12	1,756	0,146	0,027	0,667	0,312	0,161
Оз. Дарьялык	7	2,275	0,325	0,030	1,000	0,740	0,325
Оз. Акчакуль	8	1,107	0,138	0,015	0,626	0,284	0,188
	96	21,499	0,224	0,002	1,152	5,131	0,231

или $P = 0,0254 \cdot e^{0,562 \cdot M}$.

Довольно высокий коэффициент корреляции, характеризующий эту зависимость ($r = 0,713$), подтверждает тесную связь между существующим в условиях орошаемого земледелия засолением почв и применением пестицидов в бассейне Амударьи, между минерализацией грунтовых вод и их загрязнением ХОП.

Таким образом, прогнозируя ту или иную минерализацию КДВ, можно с достаточной степенью вероятности предсказать (при неизменном уровне применения пестицидов в данном регионе) ожидаемую величину загрязнения этих вод хлорорганическими пестицидами.

Расчет теоретической кривой распределения содержания пестицидов в КДВ
с помощью функции логнормального распределения

Интервалы	Эмпи- риче- ская час- тота	$x'_i = \frac{x_i + b}{2}$	$x'_i = \frac{x_i - x_0}{h}$	$x'_i \cdot m$	$(x'_i)^2 \cdot m$	$\ln a$	$\ln b$	$t_1 = \frac{\ln a - M(u)}{\sigma_u}$	$t_2 = \frac{\ln b - M(u)}{\sigma_u}$	$\frac{1}{2} \Phi(t_1)$	$\frac{1}{2} \Phi(t_2)$	$\frac{\Phi(t_1) - \Phi(t_2)}{2}$	Теоре- тиче- ская ча- стота, m_T
0,002 - 0,116	41	0,059	-5,039	-206,61	1041	-6,21	-2,15	-6,01	-0,40	-0,5	-0,1555	0,345	33,1
0,116 - 0,231	28	0,1735	-4,0	-112	448	-2,15	-1,47	-0,40	-0,54	-0,1555	0,2055	0,361	34,1
0,231 - 0,346	6	0,2885	-3,0	-18	54	-1,47	-1,06	0,54	1,10	0,2055	0,3645	0,159	15,3
0,346 - 0,461	9	0,4035	-2,0	-18	36	-1,06	-0,77	1,10	1,50	0,3645	0,4330	0,069	6,6
0,461 - 0,576	3	0,5185	-1,0	-3	3	-0,77	-0,55	1,50	1,81	0,4330	0,4650	0,032	3,1
0,576 - 0,691	3	0,6335	0	0	0	-0,55	-0,37	1,81	2,06	0,4650	0,4805	0,0155	1,5
0,691 - 0,806	3	0,7485	1	3	3	-0,37	-0,22	2,06	2,26	0,4805	0,4880	0,0075	0,7
0,806 - 0,921	-	0,8635	2	0	0	-0,22	-0,08	2,26	2,46	0,4880	0,4930	0,0050	0,5
0,921 - 1,036	2	0,9785	3	6	18	-0,08	-0,04	2,46	2,62	0,4930	0,4955	0,0025	0,2
1,036 - 1,152	1	1,094	3,97	3,97	15,8	0,04	0,14	2,62	2,76	0,4955	0,4970	0,0015	0,1
	96												95,8

$$x_0 = 0,6335$$

$$M(x) = \bar{x} = 0,224$$

$$\sigma_x = 0,231$$

$$M(u) = \ln M(x) - \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{\sigma_x^2}{[M(x)]^2} + 1 \right\} = -1,858$$

$$\sigma^2(u) = 2 \ln [M(x) - M(u)] = 0,724$$

Л.Н.Даниелова, канд. техн. наук; С.М.Шим
(НПО САНИИРИ)

О НОРМИРОВАНИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Согласно "Основам водного законодательства Союза ССР и союзных республик" (М., 1982), "... сброс сточных вод допускается в случае, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ свыше установленных норм и при условии очистки водопользователем сточных вод до пределов, установленных органами по регулированию использования и охраны вод".

Критерием ограничения сброса загрязняющих веществ в водную среду является соблюдение норм предельно-допустимых концентраций (ПДК) и предельно-допустимых экологических нагрузок (ПДЭН).

Существующая система нормирования качества воды в СССР по ПДК основывается на официальных документах, позволяющих определить возможность использования воды при различных видах водопользования: питьевого, культурно-бытового, рыбохозяйственного. В последнее время разработан ряд самостоятельных ПДК для морских водоёмов. Во ВНИИССВ разработаны и утверждены для стран СЭВ примерные нормы допустимого содержания отдельных ингредиентов в водах, используемых для орошения. Существуют также ведомственные требования к качеству воды. Система нормирования качества воды в зависимости от вида водопользования является общепринятой и единственной в нашей стране, а исследования советской школы гигиенистов, которые сыграли решающую роль при определении путей развития водоохранных мероприятий в 60-х годах, широко признаны за рубежом.

Однако система нормирования качества воды по ПДК загрязняющих веществ в водных объектах требует дальнейшего развития и совершенствования в связи с основным принципом рационального и комплексного использования водных ресурсов. При нормировании качества воды необходимо иметь в виду не только людей, но и гидробионты, как промысловые, так и формирующие состав воды (в том числе и питьевой) на уровне биоценозов и экосистем. С.Н.Черкинский считает, что санитарное состояние водоёмов удастся сохранить на удовлетворительном уровне только при нормальном проте-

кании в них основных процессов самоочищения.

В настоящее время в водные объекты поступает не менее 5-6 тысяч различных загрязняющих веществ; разработано около 600 гигиенических и 200 рыбохозяйственных ПДК с различными лимитирующими показателями вредности загрязняющих веществ, совместное присутствие которых в воде создаёт трудности при оценке качества вод. "Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (М., 1975) рекомендуют оценивать эффект суммарного воздействия загрязняющих веществ, принадлежащих одной и той же группе, по лимитирующему признаку вредности (ЛПВ), используя простую схему нумерического сложения (суммация), но не касаются вопроса совместного действия компонентов, относящихся к различным группам по ЛПВ.

Необходимо разработать универсальную методику оценки качества воды, учитывающую комплекс вопросов нормирования. Во ВНИИВО предложен комплексный общесанитарный индекс качества воды (ИКВ) для источников хозяйственно-бытового водоснабжения. В качестве главных показателей выбраны растворенный кислород, коли-индекс, рН, БПК₅, взвешенные вещества, запах, цвет, общая минерализация. Для определения ИКВ диапазон возможных значений указанных показателей разбивается на интервалы, которым присваивается соответствующий балл качества от I до 5; в тех же границах выражается и комплексный ИКВ. Одновременно должно исследоваться содержание токсичных веществ, ядовитых для людей, животных и обитателей водной среды. Если концентрация хоть одного токсичного ингредиента превышает ПДК, ИКВ приравнивается к единице, т.е. к минимуму по шкале оценки качества.

М.С.Кравченко, Н.А.Собина, Л.Н.Шевердина предложили определять содержание суммы ионов тяжелых металлов в водных объектах по группам, что удобно с аналитической точки зрения.

В ГХИ разработана система групповых показателей качества поверхностных и природных вод. Х.А.Вельнер (ТПИ) рекомендует

производить оценку суммарного воздействия загрязняющих веществ с помощью биологической интегральной ПДК, определяемой путем высокочувствительных и энзимологических тестов. Разработаны тегрирующие экологические нормы ПДЭН (И.Д.Гадаскина и др.).

Во ВНИИВО (В.Р.Лозанский и др.) совместно с Госводинспекцией Минводхоза СССР (Ю.П.Беличенко) разработана методика расчета обобщенного показателя загрязненности водных объектов, которая охватывает большое количество широко распространенных загрязняющих компонентов. Все компоненты разбиты на 5 групп. За основу приняты нормы ПДК для рыбохозяйственного водопользования, как наиболее требовательные. Величина коэффициента загрязнения (КЗ) характеризует среднее превышение нормативов в долях ПДК. Если $KЗ = 0,2$, то качество воды данного водного объекта в 1,2 раза хуже нормативного. Общая формула расчета КЗ имеет вид:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^y \sum_{n=1}^{N_{ij}} \frac{\Delta_{ijn}}{ПДК} \quad \Delta_{ijn}, \begin{cases} = C_{ijn} - ПДК_i, \\ \text{если } C_{ijn} \text{ не удов-} \\ \text{летворяет ПДК} \\ \\ = 0, \text{ если } C_{ijn} \text{ удов-} \\ \text{летворяет ПДК} \end{cases}$$

Здесь C_{ijn} — концентрация i -го показателя в j -м створе при n -м измерении;

N_{ijn} — общее число измерений i -го показателя в j -м створе за исследуемый период;

N — общее число всех измерений (с концентрацией как выше, так и ниже ПДК);

I и Y — общее число показателей загрязнения и створов.

Данная методика применялась нами при оценке качества вод Зеравшанского бассейна.

Следует отметить, что в настоящее время вопросам нормирования качества вод водоёмов и водотоков в нашей стране уделяется много внимания, чего нельзя сказать о сточных водах. Нет никаких нормативных документов, лимитирующих предел очистки сточ-

ных вод, чтобы остаточные загрязнения не снижали качества воды водотоков-приёмников. В действующих "Правилах..." условия спуска сточных вод в водоёмы определяются с учетом степени возможного смешения и разбавления сточных вод водой водоёма на пути от места выпуска сточных вод до створов ближайших пунктов питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Однако реки Средней Азии в большинстве своём являются на всем протяжении пунктами какого-либо водопользования, следовательно, сброс сточных вод в любом месте этих рек происходит в самом створе водопользования, а не на каком-то расстоянии от него. Поэтому главной задачей является определение требований к качеству технологически очищенных сточных вод, спускаемых в водоём.

Основные загрязнители водотоков, протекающих вблизи городов или в пределах города, - бытовые и промышленные стоки. Например, в Чирчик-Ангренском бассейне расположено 267 предприятий, 135 из которых сбрасывают сточные воды в открытые водотоки; 20 % сбрасывают свои воды без очистки, 80 % имеют локальные очистные сооружения. И только 10 % имеют удовлетворительную степень очистки согласно "Нормам и техническим условиям сброса сточных вод для отдельных отраслей промышленности".

Причины низкой эффективности очистки:

несоответствие проектных мощностей фактической нагрузке очистных сооружений (городские очистные сооружения II бассейна в г. Чирчик, биохимический завод в г. Янгиюле и др.);

неудовлетворительная эксплуатация очистных сооружений (локальные очистные сооружения УзКТЖМ, объединение "Капролактан" и др.).

Предприятия Министерства строительных материалов превышают нормативный сброс взвешенных веществ в 7 раз, предприятия цветной металлургии превышают сброс иона аммония в 500 раз, нитратов в 150 раз; предприятия микробиологической промышленности сбрасывают органические вещества по БПК₅ сверх нормы в

30-60 раз; в сбросах предприятий коммунального хозяйства содержание ионов аммония превышает норму в 2 раза, органических веществ по БПК₅ - в 3 раза, жиров - в 6 раз.

Кроме того, даже нормативно очищенные стоки при сбросе в водоток содержат значительное количество загрязняющих веществ, поскольку технологические параметры очистки сточных вод на отраслевых сооружениях в десятки раз выше ПДК загрязняющих веществ в воде водоёмов (например, для хозяйственных стоков по технологии очистки разрешается сброс органических веществ по БПК₅ 15 мг/л, а ПДК их в воде водоёма - 3,0 мг/л; сброс взвешенных веществ допускается в пределах 25 мг/л, а ПДК в водотоке - 0,25 мг/л и т.д.).

Поскольку расходные характеристики внутренних водотоков-приёмников сточных вод колеблются в широких пределах (от 0 до 5 м³/с), то даже технологически-нормативно очищенные стоки продолжают загрязнять водотоки до пределов выше допустимых "Правилами...". В связи с этим требуется разработать предельно допустимый сброс загрязняющих веществ промышленными предприятиями с целью обеспечения качества воды в контрольном пункте с учетом существующего фона загрязнения водного объекта, факторов разбавления, процессов самоочищения, соблюдения требований водопользователей данного водного объекта, что будет являться основой для разработки инженерных мероприятий по охране водных ресурсов.

Предельно допустимый сброс (ПДС) веществ в водный объект в соответствии с ГОСТ 17.1.01-77 определяется как масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте с учетом перечисленных выше факторов.

В соответствии с изложенным выше $PDC \text{ г/ч} = q \cdot K_{от}$,

где q - расход сточных вод, м³/ч;

$K_{от}$ - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах.

Таким образом, при установленном режиме сброса сточных вод задача расчета ПДС сводится к определению предельно допустимой концентрации загрязняющего вещества в сбросе (г/м³).

Согласно "Правилам..." для предприятий, расположенных в

черте и за чертой города предъявляются различные требования к сбросу сточных вод. При сбросе в черте города или населенного пункта содержание загрязняющих веществ в сточных водах должно соответствовать ПДК, установленным для водотока-приёмника в зависимости от вида водопользования.

В этом случае $\text{ПДСг/ч} = q \cdot \text{Кпд}$,

где Кпд – предельно допустимая концентрация вещества в водных объектах хозяйственно-питьевого, культурно-бытового или рыбохозяйственного назначения.

Условия сброса сточных вод в водные объекты за чертой города определяются с учетом:

степени возможного смешения и разбавления сточных вод водой водного объекта на пути от места сброса сточных вод до расчетного створа ближайшего пункта водопользования;

качества воды водоёмов и водотоков выше места сброса сточных вод.

В последнем случае $\text{ПДСг/ч} = q \cdot \text{Кст}$,

где Кст – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, которая определяется из соотношения балансового равновесия.

$$\text{Кст} \leq \frac{\alpha Q}{q} (\text{Кпд} - \text{Кр}) + \text{Кпд},$$

здесь q – максимальный расход сточных вод предприятия в установленном режиме сброса, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q – минимальный среднемесячный расход 95 %-ой обеспеченности водотока-приёмника в расчетном створе, $\text{м}^3/\text{с}$;

Кпд – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в водном объекте в зависимости от вида водопользования;

Кр – содержание загрязняющего вещества в "фоновом" створе водного объекта или выше предприятия, сбрасывающего сточные воды, мг/л ;

α – коэффициент смешения сточных вод с водой водотока.

Это положение правомочно, если ниже сброса предприятия находится всего один водопользователь и если вода водотока при подходе к этому водопользователю имеет запас для приёма примесей, то есть при

$$a Q K_p + q \cdot K_{ст} < (a Q + q) \cdot K_{пд}$$

В случае равенства левой и правой половины зависимости водопользователь, расположенный ниже сброса, должен производить более углубленную очистку своих сточных вод (до ПДК), следовательно, он должен затратить больше средств на очистку сточных вод, чем расположенный выше потребитель, то есть предприятия попадают в неравные условия.

В условиях УзССР на одном водотоке расположено несколько промышленных объектов, причем, неравномерно. В этом случае ПДС для каждого предприятия должен рассчитываться из условий суммарной нагрузки на водоток и максимальной готовности водотока к приёму примесей, т.е.

$$Q (K_{пд} - K_0) = q_1 \cdot K_1 + q_2 K_2 + q_3 K_3 + \dots + q_n K_n,$$

где $K_1, 2, \dots, n$ — весовое количество загрязняющего вещества в стоке предприятия, г/м³;

q — расчетный расход сточных вод, м³/ч;

K_0 — фоновая концентрация загрязняющего вещества для данного водотока, г/м³;

$K_{пд}$ — предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в водотоке в зависимости от вида водопользования.

Согласно методике ВНИИВО и Главводресурсов ММВХ СССР, при расчете ПДС концентрация загрязняющего вещества в сбросе определяется для каждого предприятия в отдельности с учетом его дислокации в черте или за чертой населенного пункта. Вид водопользования водотоков-приёмников сточных вод принят рыбохозяйственный.

Нами был проведён также расчет ПДС с учетом суммарной нагрузки на водоток и максимальной возможности водотока к приёму примесей, исходя из требований, предъявляемых к водотокам хозяйственно-питьевого водопользования.

Выполненный расчет позволил установить допустимые сбросы по стоку и концентрации для каждого предприятия в отдельности и определить основные направления водоохраны республики.

Н.И. Прохоренко, канд. техн. наук
 В.И. Соколов
 Л.Н. Инякина
 (НПО САНИИРИ)

УЧЕТ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АСУБ-СЫРДАРЬЯ

На стадии II очереди АСУБ-Сырдарья в составе подсистемы "Водные ресурсы" будут решаться задачи качества водных ресурсов бассейна. Основная функция этих задач - получить информацию о качестве водных ресурсов и его прогноз. Всего в подсистему будут включены II задач: 4 задачи - информационные и 7 - прогнозные. Информационные задачи предназначены для получения информации о качестве поверхностных вод (основной ствол), вод местных источников, возвратных и подземных вод. С помощью прогнозных задач прогнозируется качество водных ресурсов как в целом, так и по отдельным генетическим составляющим: поверхностные воды (ствол реки), местные источники, боковая приточность, возвратные воды, русловое выклинивание, подземные воды.

Цель информационных задач - определить качество воды в створах ПКУ. Задачи решаются расчетным путём с использованием соответствующих данных Госкомгидромета и бассейновых инспекций Госкомприроды союзных республик. Качество воды определяется величиной её фактической минерализации, а также путём сравнения предельно допустимых концентраций (ПДК) для различных видов водопользования с фактическими компонентами качества генетических составляющих водных ресурсов в различных частях бассейна.

Автоматизированный процесс решения задач даст возможность оперативно обработать большой объём информации о качестве воды, получаемой от республиканских гидрометов.

Решение прогнозных задач качества водных ресурсов по составляющим (поверхностные, возвратные, подземные воды) продиктовано необходимостью учета качества воды при планировании водохозяйственного комплекса, определении оросительных норм и вододелении, а также при прогнозе социально-экономических показателей.

Существует несколько методик расчета и прогноза минерали-

зации воды [1-6]. Все методы расчета изменения минерализации воды под влиянием антропогенных факторов (балансовые [2,3] и статистические [1,4-6]) имеют как преимущества, так и недостатки. Нами при решении прогнозных задач качества водных ресурсов в подсистеме "Водные ресурсы" АСУБ-Сырдарья использован балансовый способ расчета в сочетании с регрессионным анализом.

Отметим, что в зоне формирования стока гидрохимический режим главным образом определяется водным режимом. Поэтому прогноз минерализации поверхностных вод осуществляется на основе анализа ретроспективных рядов по минерализации и расходам речных вод в опорных створах водохозяйственных районов. Для таких створов (Токтогульское, Андижанское и Чарвакское водохранилища) минерализация речных вод зависит от расхода воды в реке и устанавливается по линейной зависимости вида

$$C_i = f(Q_i), \quad (I)$$

где C_i — средняя минерализация воды в i -ом створе за определенный интервал времени, г/л;

Q_i — средний расход воды в том же створе за тот же промежуток времени, м³/с.

Для створов, расположенных ниже стокообразующей зоны, минерализация воды в реке рассчитывается по балансовому уравнению как средневзвешенная величина всех составляющих. Балансовые уравнения для расчета минерализации воды во входных и выходных створах водохозяйственных районов приведены в табл. I.

Минерализация воды во входном створе Ферганской впадины рассчитывается по уравнению (2, табл. I), в котором приняты следующие обозначения:

W_H — ожидаемый поверхностный приток по р. Нарын в створ г. Учкурган;

C_H — ожидаемая минерализация воды в р. Нарын в створе г. Учкурган (находится из уравнения линейной регрессии);

W_K — ожидаемый поверхностный приток по р. Карадарье в Андижанское водохранилище;

Балансовые формулы для расчета минерализации поверхностных вод на границах водохозяйственных районов бассейна р. Сырдарьи *

$$C_{\text{вх.ф}} = \frac{(W_{\text{нар}} \cdot C_{\text{нар}}) + (W_{\text{кар}} \cdot C_{\text{кар}}) + (W_{\text{мест}} \cdot C_{\text{мест}})}{W_{\text{нар}} + W_{\text{кар}} + W_{\text{мест}}} \quad (2)$$

$$C_{\text{вых.ф}} = \frac{W_{\text{вх.ф}} \cdot C_{\text{вх.ф}} + W_{\text{рус}} \cdot C_{\text{рус}} + W_{\text{кдб}} \cdot C_{\text{кдб}} - W_{\text{заб}} \cdot C_{\text{вх.ф}} + W_{\text{бдхр}} \cdot C_{\text{вх.ф}}}{W_{\text{вх.ч}} + W_{\text{рус}} + W_{\text{кдб}} - W_{\text{заб}} + W_{\text{бдхр}}} \quad (3)$$

$$C_{\text{вых.з}} = \frac{W_{\text{вх.ч}} \cdot C_{\text{вх.з}} + W_{\text{рус}} \cdot C_{\text{рус}} + W_{\text{кдб}} \cdot C_{\text{кдб}} - W_{\text{заб}} \cdot C_{\text{вх.з}} + W_{\text{бдхр}} \cdot C_{\text{вх.з}}}{W_{\text{вх.ч}} + W_{\text{рус}} + W_{\text{кдб}} - W_{\text{заб}} + W_{\text{бдхр}}} \quad (4)$$

$$C_{\text{вых.ст}} = \frac{W_{\text{вых.ф}} \cdot C_{\text{вх.ст}} + W_{\text{вых.ч}} \cdot C_{\text{вых.ч}} + W_{\text{рус}} \cdot C_{\text{рус}} + W_{\text{кдб}} \cdot C_{\text{кдб}} - W_{\text{заб}} \cdot C_{\text{вх.ст}} + W_{\text{бдхр}} \cdot C_{\text{вх.ст}}}{W_{\text{вых.ф}} + W_{\text{вых.ч}} + W_{\text{рус}} + W_{\text{кдб}} - W_{\text{заб}} + W_{\text{бдхр}}} \quad (5)$$

* Обозначения, принятые в формулах, приведены в тексте.

- C_K – ожидаемая минерализация воды в р. Карадарье, поступающей в Андижанское водохранилище (рассчитывается по уравнению линейной регрессии);
- W_M – ожидаемый суммарный приток местных источников в пределах Ферганской впадины;
- C_M – ожидаемая средневзвешенная минерализация воды в местных источниках в пределах Ферганской впадины (рассчитывается по нелинейному функционалу)

$$C_M = 0,75 + 0,114 \ln \left(\frac{W_M}{W_H + W_K} \right). \quad (6)$$

Минерализация воды при выходе из Ферганской впадины (р. Сырдарья – г. Бекабад) определяется по уравнению (3, табл. I), в котором приняты следующие обозначения:

- $W_{\delta x. \phi}$ – ожидаемый суммарный приток поверхностных вод в Ферганскую впадину – $W_{\delta x. \phi} = W_H + W_K + W_M$
см. обозначения к формуле (2, табл. I);
- $C_{\delta x. \phi}$ – ожидаемая средневзвешенная минерализация воды во входном створе Ферганской впадины – рассчитывается по уравнению (2, табл. I);
- $W_{рус}$ – ожидаемый объём руслового выклинивания в пределах Ферганской впадины;
- $C_{рус}$ – ожидаемая минерализация руслового выклинивания, принимается по рекомендациям НПО "Узбекгидрогеология";
- $W_{кдб}$ – ожидаемый объём коллекторно-дренажных вод в пределах Ферганской впадины;
- $C_{кдб}$ – ожидаемая средневзвешенная минерализация коллекторно-дренажных вод – находится из уравнения [8];
- $W_{заб}$ – требуемый суммарный водозабор из поверхностных вод в пределах Ферганской впадины, который складывается из требований на воду орошения и промкомбината;

$W_{вдхр}$ – ожидаемые потери Андижанского и Кайраккумского водохранилищ по данным Узгидромета.

Минерализация воды для входного створа ЧАКИРа рассчитывается по уравнению линейной регрессии, в котором минерализация является функцией от величины поверхностного притока к Чарвакскому водохранилищу, для замыкающего створа ЧАКИРа – по уравнению (4, табл. I), в котором приняты обозначения, аналогичные обозначениям в формуле (3, табл. I).

Расчет минерализации воды на входе в водохозяйственный контур среднего течения принимается равным минерализации воды на выходе из контура Ферганской впадины, т.е.

$$C_{вх.ст} = C_{вых.ф} \quad (7)$$

Минерализация воды при выходе из среднего течения (нижний бьеф Чардаринского водохранилища) определялся по формуле (5, табл. I), где приняты обозначения, аналогичные обозначениям в формуле (3, табл. I).

При разработке математического обеспечения задачи прогноза коллекторно-дренажных вод мы исходили из того, чтобы алгоритм задачи, с одной стороны, достаточно точно отражал реальность, а с другой – не был излишне сложным. При этом мы опирались на ту информацию, которая сегодня доступна и имеется в достаточном объеме в распоряжении водохозяйственных организаций. Используя фактическую информацию о минерализации коллекторно-дренажных вод, о величине водозабора на орошение и орошаемых площадях в водохозяйственных районах бассейна за 1960–1985 гг., нами методом регрессионного анализа получены следующие уравнения для расчета минерализации коллекторно-дренажных вод $C_{кдв}$:

для Ферганской впадины

$$C_{кдв} = 11,7 - 1,205 \cdot O_{рбр} + 0,038 \cdot O_{рбр}^2 - 0,0001 \cdot O_{рбр}^3 \quad (8)$$

(коэффициент корреляции $R = 0,87$);

для ЧАКИРа

$$C_{кдв} = 9,29 - 0,791 \cdot O_{рбр} + 0,009 \cdot O_{рбр}^2 + 0,0005 \cdot O_{рбр}^3 \quad (9)$$

($R = 0,88$);

для среднего течения

$$C_{кдб} = 16,6 - 2,14 O_{рдр} + 0,106 O_{рдр}^2 - 0,0018 O_{рдр}^3 \quad (10)$$

$$(R = 0,84).$$

В уравнениях (8) - (10) величина оросительной нормы (брутто) - $O_{рдр}$ (тыс.м³/га) получена из соотношения

$$O_{рдр} = \frac{W_{ор}}{F_{ор}},$$

где $W_{ор}$ - головной водозабор на орошение;
 $F_{ор}$ - орошаемая площадь.

Зависимости минерализации коллекторно-дренажного стока от оросительной нормы (брутто) для водохозяйственных районов бассейна Сырдарьи, представленные на рисунке, показывают, что величина минерализации воды в коллекторно-дренажной сети возрастает по мере уменьшения удельного водозабора. Объясняется это сокращением в коллекторно-дренажном стоке доли сбросных вод и преобладанием дренажных (грунтовых) вод при сниженном удельном водозаборе на орошение. Как известно, минерализация сбросных вод практически равна минерализации поливной (речной) воды, а минерализация дренажных вод существенно выше, поскольку они проходят сквозь толщу соленосных пород орошаемого массива.

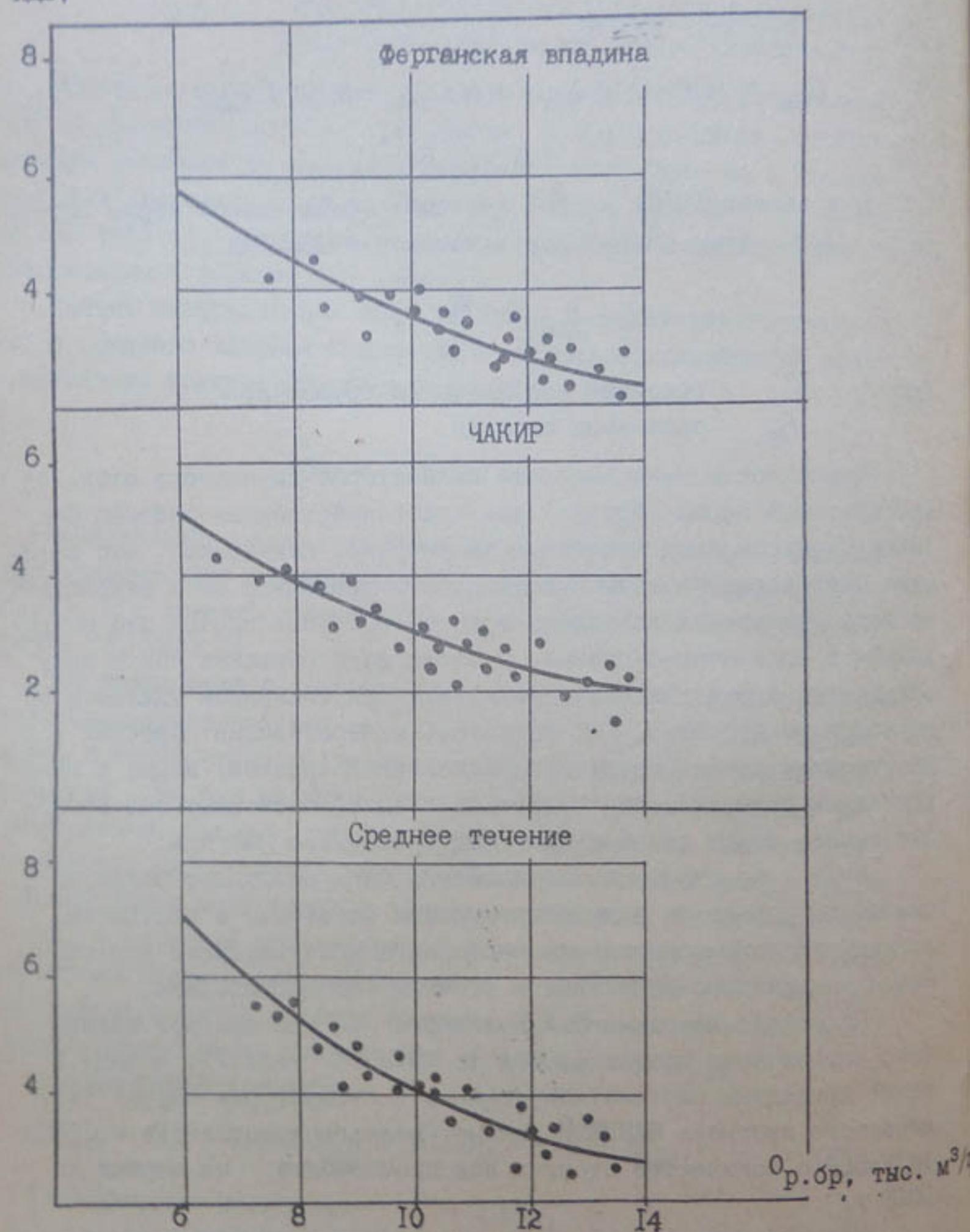
Учет и прогнозирование качества воды позволяют более рационально управлять водными ресурсами бассейна, в частности, предусматривают возможность повторного использования для орошения коллекторно-дренажных и сточных вод промкомбьнта.

На основе методики В.А.Духовного /2/ дан прогноз количества коллекторно-дренажных вод до 2015 г. (табл.2). В табл.2 также приведены систематизированные в лаборатории научно-технического прогноза САНИИРИ данные Средазгипроводхлопка и СОПСА АН УзССР о количестве сточных вод промкомбьнта на период до 2015 г.

Как видно из табл.2, в результате реконструкции мелиоративных систем (повышение КПД систем путём проведения противофильтрационной защиты на каналах и автоматизации водораспределения; внедрение соответствующей поливной техники; устройство совершенных типов и конструкций дренажа) и достижения оптимальных

$C_{\text{кдв}}, \text{г/л}$

122



Зависимость минерализации коллекторно-дренажного стока от удельного водозабора на орошение в водохозяйственных районах бассейна р.Сырдарьи.

мелиоративных режимов в водохозяйственных районах бассейна р.Сырдарьи, количество коллекторно-дренажных вод существенно сократится, несмотря на то, что объем сточных вод промкомбыта в составе гарантированных ресурсов для орошения будет возрастать.

Т а б л и ц а 2
Коллекторно-дренажные и сточные воды бассейна р.Сырдарьи и их использование, км³/год

Год	Всего формируется	Используется повторно внутри систем	Отвод во внутрихозяйственное понижение	Сброс в реку	В том числе отвод в дельту и Аральское море	Сточные воды промкомбыта, учитываемые в составе гарантированных ресурсов, используемых на орошение
1985	11,7	2,9	2,8	6,0	-	4,8
1990	10,6	2,7	3,0	4,9	-	4,8
1995	9,7	2,4	2,7	4,6	1,3	5,1
2000	8,9	2,2	2,7	4,0	1,3	5,8
2005	8,0	2,0	2,7	3,3	1,3	7,2
2010	7,2	1,8	2,1	3,3	1,3	8,6
2015	6,7	1,7	1,7	3,3	1,3	9,7
Средне-взвешенная минерализация, г/л		2-3	6-14	2-4	4-7	2-5

Размеры и темпы увеличения продукции промышленности приняты по данным "Комплексной программы развития производственных сил союзных республик Средней Азии и Казахстана на период до 2010 года".

Список использованной литературы

1. Виленик В.Б., Разаков Р.М., Рузиев И.Б. Об одном методе прогнозирования минерализации речных вод // Изв.АН УзССР - сер. техн. наук. - 1987. - № 4. - с. 65-68.
2. Духовный В.А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. Формирование, развитие. - М.: Колос. - 1984. - 255 с.

3. Орлова А.П. Приёмы прогноза и нормирования загрязнения поверхностных водных источников // Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1981. - Вып.165. - С.3-16.
4. Ракитин К.А., Побережский Л.Н. К прогнозу минерализации воды рек Сырдарьи и Амударьи // Сб.научн.тр./Средазгипроводхлопок. - 1978. - С.3-14.
5. Рубинова Ф.Э. Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим рек бассейна Аральского моря. - М.: Гидрометеоиздат. - 1987. - 161 с.
6. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря) - Ташкент: Фан. - 1988. - 104 с.

Л.Н.Даниелова, канд.техн.наук; С.М.Шим; В.Сапрыкин
Л.В. Хомякова (НПО САНИИРИ)

ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ НА ОРОШЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства требует изыскания новых технических решений, обеспечивающих улучшение качества и биологической активности оросительных и коллекторно-дренажных вод с целью использования их на орошение.

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом накоплен определённый опыт по кондиционированию как природных, так и сбросных минерализованных вод с помощью электрического тока, мембранной технологии, солнечной энергии, различных химических реагентов. Большое развитие получают различные методы активации водных систем, имеющие достаточно обнадеживающие результаты: магнитная, лазерная обработка воды, озонирование, электрохимическая активация и др.

В силу своей специфики (малые объёмы и ограниченные требования к качеству обрабатываемой воды, интенсивность воздействия, время релаксации, высокие затраты энергии, большое количество отходов) эти методы получили дифференцированное применение в различных отраслях народного хозяйства, но меньше всего они используются в сельском хозяйстве.

Особый интерес представляет принципиально новый метод электрохимической активации жидких сред путём униполярной обработки жидкости в диафрагменном электроактиваторе. Метод униполярной обработки позволяет путём электрохимического превращения веществ снизить минерализацию воды, изменить её химический и ионный состав, физико-химические и электродинамические свойства, повысить биологическую активность воды; регулирует количество обрабатываемой воды нужного качества.

Эффективность униполярной обработки воды определяется не столько традиционными показателями качества электрохимических процессов (степень разложения веществ и др.), сколько разницей рН и редокс-потенциалов исходной и обработанной жидкости, временем физико-химической релаксации системы, подвергнутой униполяр-

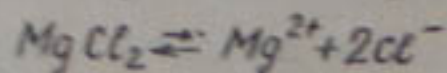
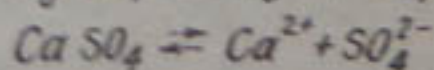
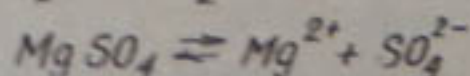
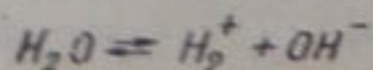
ному воздействию. Кроме того, недорогая стоимость обработки воды (1-2 коп./м³) и простота конструкции установки позволяют использовать метод во многих областях народного хозяйства, в том числе и в сельском.

В результате лабораторных исследований и промышленных испытаний установлена чрезвычайно высокая эффективность униполярной электроактивации веществ в самых различных технологических процессах: при удалении накипи в теплообменниках, очистке промышленных и сточных вод, обработке пульпы и флотационных реагентов. В Японии, ФРГ и других странах распространены бытовые диафрагменные электролизеры для обработки питьевой воды с целью улучшения их органолептических и химических свойств.

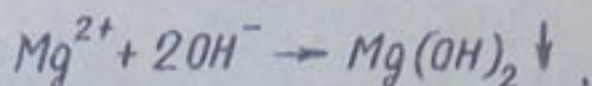
В САНИИРИ проведены исследования по отработке основных параметров электроактивации коллекторно-дренажных и оросительных вод с целью орошения хлопчатника и предпосевной обработки хлопковых семян. Изучалось влияние активированной воды на рост, развитие и урожайность хлопчатника, определялось влияние активированной воды на микробиологическое состояние почв.

В процессе электрохимической активации коллекторно-дренажных вод в диафрагменном электролизере образуется кислая (анолит) и щелочная (католит) вода. Кислая (положительно заряженная вода) меняет реакцию воды (рН) с 8,0 до 1,2; редокс-потенциал ($\mathcal{U}$) возрастает с +280 до +1200 мВ, т.е. полярность воды остаётся. Поскольку рН в положительно заряженной зоне очень низкая, создаётся возможность миграции анионов из отрицательной зоны. Незначительное снижение минерализации в анолите происходит за счет выделения активного хлора.

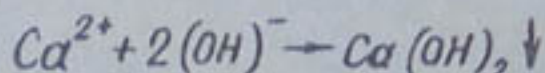
В отрицательной зоне (католите) за счет диссоциации молекул рН воды повышается с 8,0 до 12 ед. и происходит выпадение в осадок двухвалентных катионов в форме гидроокиси: $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ и др.



При $pH = 9,6 - 10,6$ ед.



при $pH 10,6 - 12$ ед.



Освобожденные кислотные остатки (Cl^{-} , SO_4^{2-}) мигрируют в положительную (кислую) зону, за счет чего в отрицательной зоне происходит снижение ионов магния, кальция, хлоридов и сульфатов, а также общей минерализации воды до 30%.

Окислительно-восстановительный потенциал щелочной воды меняет полярность от +280 до -1120 мВ.

В результате электрохимического воздействия вода, переведенная в метастабильное состояние, приобретает ряд специфических свойств, которые начинают теряться по мере возвращения активированной воды в состояние устойчивого термодинамического равновесия. Время сохранения активности (метастабильного состояния) характеризует период релаксации системы и определяется временем восстановления значений окислительно-восстановительного потенциала ($\mathcal{U}$) до исходных значений.

Время релаксации положительно активированной воды (анолита) – до 3 месяцев при условии хранения её в инертной посуде (стекло, полиэтилен и др.), а отрицательно заряженной воды (католита) – 6-10 ч и находится в обратной зависимости от количества затраченной на активацию энергии и в прямой зависимости от объема и минерализации воды.

Установлено, что для улучшения качества и повышения биологической активности оросительных вод с целью орошения и предпосевной обработки семян хлопчатника электроактивацию следует проводить при $pH = 9,2-9,6$ и редокс-потенциале ($\mathcal{U}$) = -360 мВ.

Для кондиционирования коллекторно-дренажных вод электрообработка проводится при $pH = 10,6$ и $\mathcal{U} = -860$ мВ до полного удаления иона магния из раствора. При этом минерализация снижается до 30 % (за счет удаления из воды в форме гидроокиси иона магния до 100 %) уменьшается содержание хлоридов и сульфатов до 26-29 %, происходит перераспределение токсичных солей: наиболее токсичный $NaCl$ переходит в менее токсичную форму Na_2SO_4 , вода приобретает биологическую активность за счет метастабиль-

ного состояния водной системы.

Количество выпадения магния из раствора пропорционально количеству затраченного электричества (кл/л).

Необходимое количество электричества для полного удаления магния из раствора зависит от содержания его в исходной воде и соответствует экспоненциальной зависимости $y = ae^{-\beta x}$ при значениях коэффициентов $a = 5,28$; $\beta = -0,0020$, полученных на основании экспериментальных данных для вод сульфатно-кальциевого типа с минерализацией до 10 г/л, характерных для зоны орошения Голодной степи.

В результате электроактивации происходит перераспределение токсичных солей. Например, если в дренажной воде сульфатно-кальциевого типа до обработки преобладал $NaCl$ (35 %), то после обработки содержание его снизилось до 22 %, 13 % $NaCl$ перешло в менее токсичную соль Na_2SO_4 .

Для улучшения качества и повышения биологической активности оросительной воды электроактивацию следует проводить при $pH = 9,2-9,6$ ед. и редокс-потенциале $\mathcal{E} = -360$ мВ.

Степень активности электроактивированных вод определяется путём измерения отклонения следующих физико-химических величин: pH , редокс-потенциала $\mathcal{E}$, мВ; общей жесткости и иона магния, мг-экв/л; периода релаксации τ , ч.

Затраты электроэнергии, необходимые для получения 1 м³ активированной воды, в зависимости от минерализации приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Показатели электрохимической активации коллекторно-дренажных вод

Параметры исходной воды			Удельн. расход	Парам. воды после электроактивации		
минерализация, мг/л	pH	$\mathcal{E}$, мВ	электроэнергии, кВт/ч/м ³	минерализация, г/л	pH	$\mathcal{E}$, мВ
3,0	8,3	390	0,5	2,3	10,5	-700
4,5	8,2	430	0,8	3,1	10,9	-810
5,5	8,3	470	1,1	3,9	11,1	-890
7,0	8,1	480	1,3	4,1	11,5	-910

При орошении активированной оросительной и коллекторно-дренажной водой ускоряются рост, развитие и созревание хлопчатника на 15-20 дней; урожайность повышается на 5-7 ц/га.

На основании микробиологических исследований орошаемых почв установлено положительное влияние полива активированной водой на развитие почвенных микроорганизмов, что особенно четко проявляется в осенний период. Фоновый участок по численности нитрификаторов, денитрификаторов и азотобактера существенно уступает орошаемому активированной водой.

Техническими средствами реализации электрохимической активации вод являются различного рода электроактиваторы (ЭАВ), представляющие собой разновидность диафрагменного электролизера.

Разработанные в настоящее время установки электроактивации воды (СредазНИИгаз, САНИИРИ) не нашли широкого применения в сельскохозяйственном производстве в силу их малой производительности (1-4 м³/ч).

Экспериментами установлено, что такими установками можно осуществить предпосевную обработку семян хлопчатника на площади 560 га. Для орошения необходимы установки ЭАВ с более высокой производительностью (min 10 л/с).

Для улучшения технико-экономических показателей установок ЭАВ необходимо:

разработать новые оптимальные конструктивные решения электроактиваторов, в том числе модульных блочных установок, которые бы позволили путём набора модулей обеспечить необходимые объёмы электроактивированной воды при оптимальных затратах электроэнергии;

создать новые эффективные технологические схемы и режимы работы ЭАВ;

создать новые электродные материалы, в т.ч. малоизнашивающиеся, стойкие к анодной поляризации электроды;

применять новые электрофизические поля (сочетание магнитного и электрического; постоянного электрического и переменного электромагнитного и др.), что позволит повысить эффективность активации, уменьшить затраты электроэнергии;

снизить стоимость электроэнергии;

увеличить количество и мощность источников энергопитания.

УДК 556.531

Водохозяйственно-экономическая оценка ущерба от роста минерализации стока р.Амударьи и меры по его снижению в орошаемом земледелии низовьев. Полинов С.А., Линхасов М.А., Речицкая Л.Р. Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье рассматривается влияние роста минерализации вод р.Амударьи, вследствие сброса в неё высокоминерализованных КДВ, на продуктивность орошаемых земель и предлагаются первоочередные меры по снижению ущерба в орошаемом земледелии низовьев реки.

Табл.3.

УДК 631.67.036.4:633.13

Расчет урожайности риса при использовании минерализованной воды на орошение. Насонов В.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье на основании анализа и обобщения опубликованных работ и теоретических проработок выведены расчетные зависимости для определения урожайности риса с учетом влияния скорости вертикальной фильтрации и минерализации оросительной воды.

Библ.20, иллюстр.2.

УДК 631.587 (262.83)

О перспективе развития орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря. Рамазанов А.Р., Насонов В.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье рассматриваются принципиально новые подходы к развитию орошаемого земледелия в Приаралье с учетом солеустойчивости основных сельскохозяйственных культур и складывающейся водохозяйственной обстановки в регионе.

Табл.5.

УДК 631.445.52:631.675.4

Определение промывной нормы при промывках засоленных земель водой повышенной минерализации. Якубов Х., Белоусов О.М. Сборник научных трудов, Ташкент, НПО САНИИРИ, 1990.

Разработана зависимость, позволяющая рассчитывать промывную норму при промывках засоленных земель водами повышенной минерализации.

Приводятся методы получения значений параметра зависимости, даётся значение этого параметра для почв различного механического состава, имеющих хлоридно-сульфатное засоление.

Библ.7, табл.3.

УДК 626.862.4:633.19

Оптимизация параметров коллекторно-дренажной сети на рисовых оросительных системах. Насонов В.Г., Закс И.А., Усманов Ш.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, НПО САНИИРИ, 1990.

В статье приводится методика расчета оптимальных параметров коллекторно-дренажных систем на рисовых оросительных системах, учитывающая технико-экономические аспекты строительства и эксплуатации КДС и факторы, влияющие на формирование урожая риса.

Критерием оптимальности параметров дренажа является максимум разницы между чистым доходом от прироста сельскохозяйственной продукции и приведенными затратами на строительство оросительной и коллекторно-дренажной сети с учетом экономических оценок водноземельных и трудовых ресурсов.

Библ.22, иллюстр.4, табл.4.

УДК 631.67.03

Эффективность использования речных и коллекторных вод на посевы риса в Хорезмском оазисе. Меришенский М.С., Полиннов С.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, НПО САНИИРИ, 1990.

В целях повышения водообеспеченности земель хлопкового комплекса предлагаются пути повышения эффективности использования водных ресурсов на посевы риса в Хорезмской области.

Библ.3, табл.3.

УДК 631.67.036.4

Прогноз качества откачиваемых вод при использовании их на орошение. Мухамеджанов Ш.Ш.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье рассматривается актуальная для всей аридной зоны орошаемого земледелия закономерность изменения минерализации подземных вод при использовании вод различной минерализации. На основе известных математических моделей автором разработана методика прогноза минерализации подземных вод.

Библ.6, иллюстр.2, табл.2.

УДК 631.67.036.4

Прогноз возможности использования слабоминерализованных дренажно-сбросных вод для орошения песчаных и супесчаных земель Центральной Ферганы. Якубов М.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с использованием минерализованных коллекторно-дренажных вод на орошение. На основе опытных исследований (1978-1986 гг.) даются прогнозные расчеты дополнительной нормы профилактического полива в целях сохранения допустимого солевого режима при использовании минерализованных вод.

Библ.3, табл.5.

УДК 626.163

Использование биоплато для очистки коллекторно-дренажных вод от агрохимикатов и других загрязняющих веществ. Рузиев И.Б.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье обосновывается возможность применения биоплато для очистки коллекторно-дренажных вод от агрохимикатов и дру-

гих загрязняющих веществ и их повторного использования в сельском хозяйстве.

Иллюстр. I.

УДК 628.312.004.12

Прогноз степени загрязнения хлорорганическими пестицидами в зависимости от минерализации коллекторно-дренажных вод.
Рузиев И.Б., Остроброд Б.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

На основании проведенных исследований впервые установлена зависимость степени загрязнения хлорорганическими пестицидами от минерализации коллекторно-дренажных вод.

Высокая степень корреляции между минерализацией и загрязнением ХОП подтверждает тесную связь, характеризующую эту зависимость.

Прогнозируя ту или иную минерализацию КДВ с достаточной степенью вероятности, можно предсказать (при неизменном уровне применения пестицидов в данном регионе) ожидаемую величину загрязнения этих вод хлорорганическими пестицидами.

Иллюстр. I, табл. 4.

УДК 628.312.004.12

О нормировании загрязняющих веществ в сточных водах предприятий. Даниелова Л.Н., Ишм С.М.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В работе представлена методология расчета предельно допустимого сброса загрязняющих веществ для промпредприятий, исходя из нагрузки на водоток, с учетом водохозяйственного комплекса.

Приводятся данные по качественным и количественным характеристикам сточных вод промпредприятий Узбекистана.

УДК 556:681.5

Учет и прогнозирование качества водных ресурсов при решении задач АСУБ-Сырдарья. Прохоренко Н.И., Соколов В.И., Ишкена Л.Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В статье описаны методические подходы к решению задач качества водных ресурсов для целей АСУБ-Сырдарья.

Дан перспективный прогноз количества и качества возвратных вод в бассейне р.Сырдарья, а также рассмотрены некоторые вопросы управления водными ресурсами бассейна с учетом их качества.

Библ.6, иллюстр.1, табл.2.

УДК 628.314

Электроактивация коллекторно-дренажных вод с целью использования их на орошение сельскохозяйственных культур. Даниелова Л.Н., Шим С.М., Сапрыкин В., Хомякова Л.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1990.

В работе даны отработанные параметры электрохимической активации коллекторно-дренажных вод с целью улучшения их качества и повышения биологической активности для использования в сельском хозяйстве.

Установлено, что орошение хлопчатника производится при $pH = 10,6$ и $U = -860$ мВ до полного удаления иона магния из раствора. При этом минерализация снижается на 30 %. В результате электроактивации происходит перераспределение токсичных солей: наиболее токсичный $NaCl$ переходит в менее токсичную форму Na_2SO_4 , вода приобретает биологическую активность за счет метастабильного состояния системы.

Табл.1.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
1. Полинов С.А., Пинхасов М.А., Речицкая Л. Водохозяйственно-экономическая оценка ущерба от роста минерализации стока р.Амударьи и меры по его снижению в орошаемом земледелии низовьев	3-14
2. Насонов В.Г. Расчет урожайности риса при использовании минерализованной воды на орошение	15-24
3. Рамазанов А.Р., Насонов В.Г. О перспективе развития орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря	25-32
4. Якубов Х.И., Белоусов О.М. Определение промывной нормы при промывных засоленных земель водой повышенной минерализации	33-42
5. Насонов В.Г., Закс И.А., Усманов А.У. Оптимизация параметров коллекторно-дренажной сети на рисовых оросительных системах	43-68
6. Меришенский М.С., Полинов С.А. Эффективность использования речных и коллекторных вод на посевы риса в Хорезмском оазисе	69-75
7. Мухамеджанов Ш.Ш. Прогноз качества откачиваемых вод при использовании их на орошение	76-86
8. Якубов М.А. Прогноз возможности использования слабоминерализованных дренажно-сбросных вод для орошения песчаных и супесчаных земель Центральной Ферганы	87-96
9. Рузиев И.Б. Использование биоплато для очистки коллекторно-дренажных вод от агрохимикатов и других загрязняющих веществ	97-102
10. Рузиев И.Б., Остроброд Б.Г. Прогноз степени загрязнения хлорорганическими пестицидами в зависимости от минерализации коллекторно-дренажных вод	102-108
11. Даниелова Л.Н., Шим С.М. О нормировании загрязняющих веществ в сточных водах	109-115
12. Прохоренко Н.И., Соколов В.И., Инякина Л.Н. Учет и прогнозирование качества водных ресурсов	

при решении задач Асуб—Сырдарья	116-124
13. Даниелова Л.Н., Шим С.М., Сапрыкин В., Хомякова Л.В. Электроактивация коллекторно-дренажных вод с целью использования их на орошение сельскохозяйственных культур.....	125-129
Рефераты	130-134

Св. план 1990 г., поз. 12

Редакторы: А.Меркина, Е.Ялфимова

Сдано в производство 14.02.91г. Формат бумаги 60х90 1/16
Усл.п.л. 7 Тираж 290 экз. Заказ 1042.Цена 1 руб.30 коп.

Картфабрика института "Узгипрозем" г.Ташкент, ул.Нукими, 182