

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМЕНИ В.Д. ЖУРИНА
(САНИИРИ)

На правах рукописи

ДЖАЛИЛОВА ТОТИХ ОН

УДК 626.862.4:631.432.26:556.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИИ ФИЛЬТРОВ И
ПРИФИЛЬТРОВЫХ ЗОН СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА
И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИХ ДЕБИТА

Специальность 06.01.02 - мелиорация и орошаемое
землеустройство

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент - 1986

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Среднеазиатском ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте ирригации имени В.Д.Журина (САНИИРИ)

Научный руководитель - лауреат Государственной премии УзССР им.А.Р.Беруни, заслуженный ирригатор УзССР, кандидат технических наук А.И.ЯКУБОВ

Научный консультант - кандидат геолого-минералогических наук В.И.НАСОНОВ

Официальные оппоненты: Заслуженный деятель науки и техники доктор техн.наук, профессор А.А.РАЧИНСКИЙ
Заслуженный ирригатор, кандидат технических наук С.А.НОЛИНОВ

Ведущая организация - Узбекский государственный проектный институт "Узгипроводхоз"

Защита диссертации состоится "16" декабря 1986 г. в 14-00 час. на заседании специализированного совета Д.099.32.01 Среднеазиатского ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института ирригации имени В.Д.Журина

Адрес: 730187, г.Ташкент, м.Кирсанов-4, д.11, САНИИРИ
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "6" ноября 1986 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
доктор биологических наук,
профессор



К.П.ХАТУНОВ

Актуальность темы. Огромный размах приобретает масштабы повышения эффективности использования мелиорируемых земель при интенсивном развитии (ускорении) сельскохозяйственного производства в принятом XXVI съездом КПСС (1986г.) проекте "Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года". Его стержень - выдвинутая апрельским Пленумом ЦК КПСС концепция ускорения.

Согласно постановлению Пленума и решениям XXVI съезда КПСС к 2000 г. - площади орошаемых земель намечено довести до 33...32 млн. га и осушаемых - до 19...21 млн.га. В том числе в Узбекской ССР орошаемые площади должны быть доведены до 5...5,5 млн.га.

За последние десятилетия все большее значение в мелиорации земель приобретает вертикальный дренаж. Общее число эксплуатируемых скважин вертикального дренажа только в среднеазиатских республиках и Южном Казахстане превысило 5500 шт.

Опыт эксплуатации крупных систем скважин вертикального дренажа, построенных в различных природных условиях, показывает, что проницающая способность скважин во многом зависит от надежности работы конструктивных элементов водопримной части. При строительстве скважин в Советском Союзе в качестве фильтрового каркаса применяют металлические трубы диаметром 326...426 мм, а в последние годы широко используется каркасно-стерняной фильтр типа ТД-144В.

Однако исследованиями установлено, что даже в непересыхающих качественно построенных скважинах со временем наблюдается постепенное снижение дебитов и удельного дебита: система теряет свои функции и, следовательно, снижается проницаемость орошаемых земель.

В связи со скважинным орошением актуальность и огромное народнохозяйственное значение необходимости установления причин снижения производительности и разработки мероприятий по предотвращению потере проницающей способности скважин и увеличению сроков их службы.

Цель и задачи исследования. Целью исследований является, с одной стороны, установление закономерности колюматации фильтра (интенсивность протекания колюматационных процессов в зависи-

мости от степени минерализации и состава солей подземных вод) и степени влияния этого процесса на снижение дебита скважин и сроки их службы, с другой - определение влияния снижения дебита скважин на мелиоративные процессы, а также разработка мероприятий, способствующих повышению производительности орошаемых колодцев.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Оценка технического состояния скважин вертикального дренажа, построенных в различных природно-хозяйственных условиях с применением разных конструкций фильтров;

2. Изучение изменения химического и биогенного состава подземных вод каптируемого водоносного пласта;

3. Определение направленности физико-химических процессов в призабойной зоне и на фильтрах скважин;

4. Установление закономерности процессов коагуляции фильтрового каркаса, гравийной обсыпки, прискважинной зоны;

5. Разработка методики районирования территории Голодной степи по развитию коррозионных процессов;

6. Влияние снижения дебитов скважин на мелиоративные процессы и разработка мероприятий по увеличению срока службы скважин, а также технико-экономическое обоснование эффективности реализации этих мероприятий.

Объект исследований. Основным объектом исследований являлась староорошаемая зона Голодной степи (узбекская и казахская части).

Научная новизна. Впервые в условиях аридной зоны рассмотрен и проанализирован процесс физико-химического коагулята и установлена интенсивность протекания этого процесса в фильтрах и прифилтровой зоне скважин вертикального дренажа в зависимости от минерализации и химического состава откачиваемых вод. Разработаны основные принципы районирования территории Голодной степи по воздействию подземных вод на водопримную часть скважин, т.е. на снижение их дебитов и, следовательно, на изменение мелиоративных процессов, протекаемых на орошаемых массивах.

Практическая ценность. Проведенные исследования позволили разработать "Районирование территории Голодной степи по воздей-

ствием подземных вод на водопримную часть скважин в зависимости от геоморфологических, литологических условий, а также химического состава и минерализации подземных вод". Кроме того, внедрены "Рекомендации по применению асбестоцементных труб в качестве фильтрового каркаса скважин вертикального дренажа" (утверждены ММ и БХ УзССР); определены основные виды, причины и интенсивность снижения дебита скважин; даны рекомендации по их предупреждению.

Внедрение работы. Результаты исследований и разработок нашли практическое применение в Джаттосайском и Сырдарьинском Управлениях эксплуатации вертикального дренажа и могут быть использованы при планировании сроков проведения и объема ремонтно-восстановительных работ на скважинах вертикального дренажа. Экономический эффект от внедрения результатов наших исследований на объектах эксплуатации вертикального дренажа составляет в среднем 500-800 руб. на одну скважину.

Основные положения, выдвигаемые к защите.

1. Установлены основные критерии и факторы, определяющие интенсивность и направленность физико-химических процессов, протекаемых в водопримной части скважины;

2. Выявлены характер и степень, а также интенсивность коагуляции фильтров и прифилтровых зон;

3. Изучены физико-химические процессы, определяющие равновесие карбонатных и железистых (за счет коррозии) соединений, а также соединений, образующихся за счет смешанных процессов, протекаемых на скважинах вертикального дренажа в зависимости от минерализации и химического состава подземных вод;

4. Определена закономерность развития процессов физико-химического коагулята фильтров и прифилтровых зон скважин в зависимости от минерализации и химического состава откачиваемых вод;

5. Получены с помощью математической статистики связи концентрации водородных ионов $P = f(pH)$ и окислительно-восстановительного потенциала $P = f(Eh)$ с минерализацией откачиваемых вод, а также интенсивности химического коагулята скважин от минерализации откачиваемых вод $K = f(P)$;

6. Разработаны соответствующие рекомендации по восстановлению производительности и повышению сроков службы скважин, а также по предупреждению ухудшения мелиоративного состояния земель.

Апробация и публикация. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Ученом совете секции мелиорации орошаемых земель САНИМИ (1980...1982 гг.) на двух Республиканских конференциях молодых ученых и специалистов водного (Ташкент, 1980) и сельского хозяйства (Ташкент, 1981) УзССР, а также на XXXIX научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава ТИИИМХ (Ташкент, 1980).

По результатам исследования опубликовано восемь научных статей, а также изданы (в соавторстве) обзорная информация "Пути повышения работоспособности скважин вертикального дренажа" и "Рекомендации по применению асбестоцементных труб в качестве фильтрового каркаса скважин вертикального дренажа".

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, приложения и списка использованной литературы и библиографического указателя, включающего 151 наименование, в том числе и иностранных авторов. Материалы диссертации изложены на 128 страницах машинописного текста, в том числе 28 таблиц; иллюстрированы 40 рисунками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе на основании опубликованных материалов и результатов собственных исследований дан анализ природных особенностей формирования запасов подземных вод, определены закономерности изменения их химического состава.

Рассматриваемая территория Голодной степи характеризуется неблагоприятными условиями подземного стока.

Условия формирования, размещения и расходования подземных вод четвертичных отложений весьма сложны и разнообразны, определяются особенностями залегания водосодержащих пород (зависящих от структурно-литологического строения территории), гидрогеологическими условиями.

Литологическое строение северо-восточной и северо-западной частей Голодной степи типично для аллювиального бассейна и представлено двух- и многослойной системами.

Закономерности изменения минерализации и химического состава подземных вод весьма тесно связаны с геоморфологическими и

литологическими условиями.

Химический состав подземных вод Голодной степи формировался в соответствии с геоморфологическими и гидрогеологическими условиями и изменялся в широких пределах: от пресных (слабоминерализованных) в районах Хавастского, Баяутского и Шурузякского массивов, до высокоминерализованных - в массивах Сардоба, Карой, Джетсай. Причем, закономерно увеличение минерализации по направлению их движения, т.е. с северо-востока, на запад и северо-запад.

Во второй главе изложены состояние изученности рассматриваемых вопросов, обоснование выбора объекта исследований и метода их проведения.

Сохранение работоспособности скважин и их длительного срока бесперебойной работы - основа обеспечения надежности выполнения эксплуатационной функции систем вертикального дренажа, т.е. создания на орошаемых землях оптимального мелиоративного режима почв.

Причины снижения работоспособности скважин и закрытых дрен, построенных в условиях гумидной зоны Советского Союза, довольно детально рассмотрены в работах В.С.Алексеева, Н.Н.Веригина, И.Ф.Волоцкого, В.И.Боронцова, Д.Н.Башкатова, В.Д.Бессонова, В.М.Белякова, В.М.Гаврилко, Э.А.Трикавича, В.М.Зубца, Г.В.Шабера, З.Я.Хрущикой, Н.И.Киселева, Л.М.Коммунара, П.А.Плотникова, И.Э.Апельцина и многих других ученых. Снижение работоспособности скважин они связывают с присутствием в воде железистых соединений и живых организмов, таких как железо - марганцевые бактерии.

Однако подземная вода зоны орошения отличается от таковой в гумидной зоне как своей минерализацией и составом солей, так и отсутствием живых микроорганизмов. Кроме того, режим работы систем здесь иной, поэтому переносить результаты исследований гумидной зоны в аридную нельзя.

В качестве основного был использован метод натурных наблюдений, а также лабораторных исследований как при изучении закономерности изменения химического состава подземных вод, определения биологической активности, интенсивности накопления колюматрущих процессов, так и при установлении закономерности процесса физико-химической колюматации фильтров и прифильтрованных зон и связанных дебитов скважин вертикального дренажа.

В третьей главе проведен анализ проектных материалов приведены результаты исследований современного состояния скважин, а также оценена работоспособность скважин вертикального дренажа по данным изменения их дебита во времени.

Анализ материалов технического состояния систем показал, что дебиты скважин на массивах Голодной степи после 5...6 лет эксплуатации снижаются от 1,5...2,0 до 4,5...5,0 раз от первоначального (рис.1). При этом интенсивность снижения дебитов зависит от гидрогеолого-литологических и гидрохимических условий массива.

В Баяутском массиве, где минерализация подземных вод колеблется от 0,7 до 2,5 г/л, снижение дебита составляет 25...78 % от первоначального (от 60 до 15 л/с).

В Шурузяком массиве (минерализация 1,5...3,0 г/л) снижение дебита составило 50...77 %, а в Сардобинском массиве при минерализации 3...5, частично до 7,0 г/л, оно составило до 42...78 % от первоначального.

В северо-западной части - Пахтааральском, Джетисайском и, частично, Кировском районах, где минерализация изменяется в пределах 5...7 г/л, снижение достигло 58...79 %.

По данным, приведенным на рис.1 видно, что процесс снижения дебита в начале эксплуатации скважин происходит более интенсивно, а затем он несколько замедляется. В то же время на всех массивах наблюдается закономерное снижение дебита скважин в зависимости от срока их службы.

В четвертой главе изложены результаты исследований физико-химических процессов, протекаемых в прифильтровой зоне и их влияния на снижение дебита скважин, закономерностей изменения химического состава откачиваемых вод, типов физико-химического кольматажа и физико-химических условий равновесия компонентов в водоприемной части скважин вертикального дренажа, а также закономерности физико-химического кольматажа. Приведена также методика прогнозирования старения скважины; изложены принципы районирования территории Голодной степи по физико-химическим процессам и выбора ремонтно-восстановительных работ на скважинах.

По величине общей минерализации и химическому составу откачиваемых подземных вод в зоне распространения систем вертикального дренажа (СВД) в Голодной степи можно выделить три гидрохимических типа (табл.1).

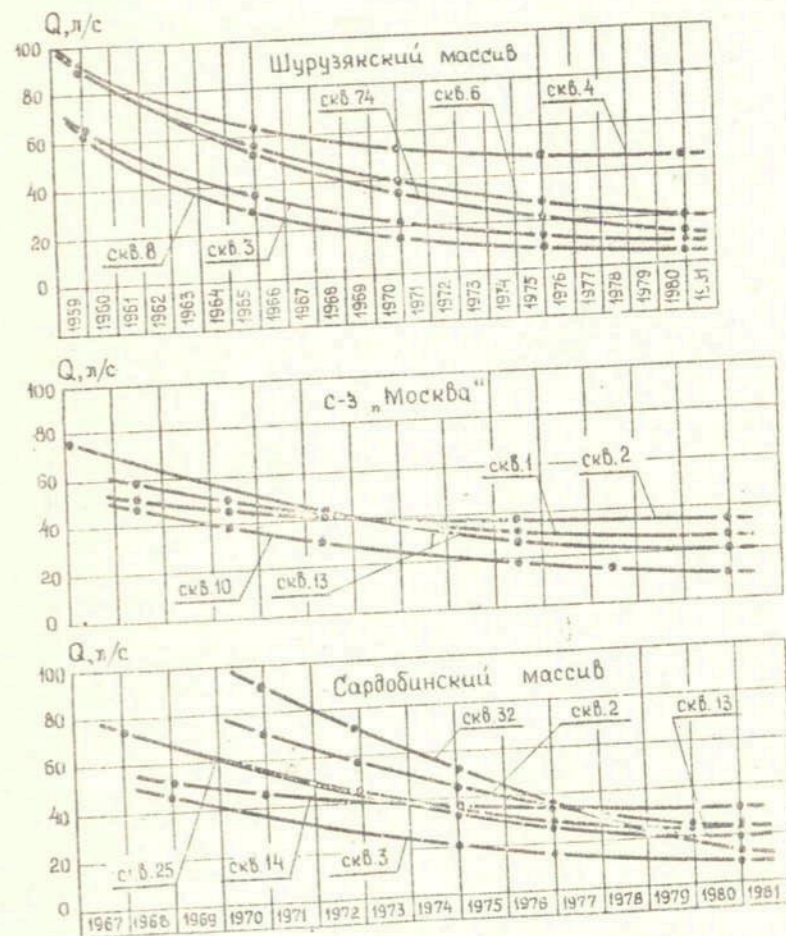


Рис. 1. Снижение дебита скважин вертикального дренажа в северо-восточной и центральной частях Голодной степи

Таблица I.

характеристика подземных вод в зависимости от
минерализации откачиваемых вод

Степень минерализации откачиваемых вод	Гидрохимический тип подземных вод	Плотный остаток, г/л	Анионы, г/л			Катионы, г/л			Fe, г/л	Eh, мВ	pH
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na+K ⁺			
Слабоми- нерализо- ванная	Гидрокарбонат- ный или гидро- карбонатно- сульфатный	0,68	0,07	0,18	0,19	0,12	-	0,12	Нет	130	10,2
		1,802	0,11	0,28	0,38	0,18	0,03	0,18	"	210	8,5
		2,64	0,09	0,32	1,44	0,22	0,13	0,43	"	270	7,5
Солонча- ток	Сульфатный или гидрокарбонат- но-сульфатно- хлоридный	3,13	0,13	0,62	1,44	0,26	0,18	0,50	"	250	7,45
		3,85	0,12	0,82	1,73	0,22	0,20	0,77	"	265	7,30
		4,35	0,08	0,68	2,30	0,24	0,29	0,75	"	280	7,31
Солонча- к	Сульфатный или хлоридно-суль- фатный	5,31	0,07	0,98	2,59	0,28	0,22	1,17	"	245	7,05
		6,76	0,07	1,48	2,98	0,44	0,19	1,85	"	265	6,8
		7,98	0,06	1,60	3,74	0,40	0,24	1,94	"	290	7,15

- 10 -

- II -

Первый гидрохимический тип - воды, преимущественно, гидрокарбонатные или гидрокарбонатно-сульфатные. Этот тип характерен для подземных вод второй надпойменной террасы р.Сырдарьи, откачиваемые воды, в основном, слабоминерализованы - до 3,0 г/л. Они почти неагрессивные, жесткость карбонатная - содержатся соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и др. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) изменяется от 130 до 270 мВ; концентрация водородных ионов (pH) - от 7,5 до 10,5 и более.

Второй тип минерализации - воды, относящиеся к сульфатному или гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридному типу.

Этот тип характерен для подземных вод третьей террасы р.Сырдарьи. Откачиваемая вода здесь солончатая - от 3 до 5 г/л, малоагрессивная; жесткость воды местами карбонатная, т.е. в воде содержатся соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , MgSO_4 и др. Соотношение $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 2,1 + 3,3$ окислительно-восстановительный потенциал $\text{Eh} = 190 + 280$ мВ, концентрация водородных ионов $\text{pH} = 7,0 + 7,8$.

Третий тип минерализации - воды сульфатные или хлоридно-сульфатные. Минерализация откачиваемых вод более 5...8 г/л; вода соленая, высокоагрессивная; соотношение $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 2,6 + 2,0$; жесткость некарбонатная; окислительно-восстановительный потенциал Eh достигает 300 мВ; концентрация водородных ионов $\text{pH} = 6,5...7,8$. Этот тип характерен для подземных вод для определенной части третьей надпойменной террасы р.Сырдарьи.

Для всех типов откачиваемых вод характерно практическое отсутствие ионов железа, что объясняется особенностями формирования гидрохимических условий подземных вод в рассматриваемой зоне.

Для подземных вод Исходной степи характерно общее увеличение окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и уменьшение концентрации водородных ионов (pH) с увеличением минерализации откачиваемых вод.

Результаты статистической обработки на ЕС 1035 показывают, что между pH и общей минерализацией (P) имеется тесная логарифмическая связь, которую можно выразить как

$$P = 8,92 - 1,08 \lg (\text{pH})$$

Выявлена также связь между Eh и общей минерализацией, которая описывается экспоненциальной зависимостью

$$P = 0,032 + 0,296 \cdot E^{(Eh)}$$

При этом корреляционные отношения равны соответственно 0,690 и 0,802; стандартная ошибка корреляционного отношения - 0,047, 0,084; его индекс - 0,793; 0,643; стандартная ошибка зависящего параметра - 0,535; 1,092 соответственно.

Кроме того, установлено, что между ионами SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и общей минерализацией подземных вод существует тесная корреляционная связь:

$$P = 0,276 + 2,76 SO_4^{2-} - 0,1 (SO_4^{2-})^2; \quad P = 0,442 + 4,29 Ca^{2+};$$

$$P = 1,42 - 18,33 Mg^{2+}; \quad P = 1,024 + 3,84 (Na^+ + K^+) - 0,114 (Na^+ + K^+)^2$$

Определено, что зависимость, отражающая связь минерализации откачиваемых вод с содержанием в ней SO_4^{2-} и $Na^+ + K^+$ является параболической, а с Ca^{2+} и Mg^{2+} - линейной.

При этом индексы корреляционного отношения равны 0,937; 0,95; 0,612; 0,964; а стандартные ошибки корреляционных отношений - соответственно 0,14; 0,11; 0,383; 0,008.

Установленные закономерности изменения гидрохимических факторов предопределяют процесс колюматации фильтра и гравийной обсыпки. На скважинах, построенных в Голодной степи, наблюдается в основном физико-химический колюмат и, частично, механический.

Проведенные в Голодной степи биологические исследования подземных вод различной минерализации показали, что высокая концентрация хлоридно-сульфатного компонента и очень незначительное содержание ионов железа, марганца и биогенных веществ препятствуют развитию микроорганизмов. Поэтому на скважинах, построенных в Голодной степи и других районах Узбекистана, биологический колюмат, что характерно для Европейской части Советского Союза, не наблюдается.

Колюматация фильтров здесь связана в основном с процессами отложения карбонатных солей и коррозионными явлениями, протекающими в подземных водах при их поступлении в водоприемную часть скважины, за счет нарушения химического равновесия солевых компонентов. В результате на поверхности фильтров и в прифильтровой зоне образуется слабопроницаемые структуры, в составе которых находятся грунты водоносного пласта и цементирующие соли или продукты коррозии.

В то же время сам процесс уплотнения фильтров и прифильтровой зоны за счет отложения солей или продуктов коррозионных разрушений зависит от общей минерализации и гидрохимического состава подземных вод (табл.2.).

По всем критериям оценки в районах, где подземные воды слабоминерализованы, в их составе преобладают гидрокарбонаты и карбонаты кальция. При эксплуатации СВД происходит отложение солей жесткости в фильтрах и прифильтровых зонах (карбонатизация). Соли отлагаются при снижении в воде количества углекислоты за счет изменения давления и скорости движения в зоне фильтра. Этот процесс развивается в основном в пределах второй надпойменной террасы р.Сирдарьи, где расположены Бааутский и Шурузьянский массивы.

Коррозионные разрушения металлических труб и накопление железистых осадков на поверхности фильтров и в прифильтровой зоне протекают в районах, представленных сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления подземных вод с общей минерализацией выше 5 г/л. Этот процесс развивается в пределах третьей террасы р.Сирдарьи и охватывает земли Центрального, Сардобинского массивов УзССР, Джатисайского и Пахтаярельского районов Чимкентской области Каз.ССР.

В районах с подземными водами, имеющими минерализацию 3... 5 г/л, протекают смешанные процессы: осаднение карбонатных соединений и коррозионное разрушение металлических труб, а также накопление их продуктов на поверхности фильтра.

В пределах Голодной степи такую характеристику подземных вод имеют отдельные зоны Центрального массива УзССР и земли Каровского района Чимкентской области.

Исследования интенсивности протекания процесса коррозии методом взвешивания металлических пластинок размером 50 x 100 мм, изготовленных из материалов фильтрового каркаса и опущенных в фильтровую часть скважины, показали, что с течением времени в металлических образцах сначала происходит развитие, а затем затухание скорости коррозии (рис.2).

Уменьшение скорости появления коррозии в зависимости от времени можно объяснить защитным действием солевых компонентов, постепенно осаждающихся на поверхности фильтра, а также зарастанием щели фильтра и пор прифильтровой зоны за счет продуктов разрушения металла.

Таблица 2.

Оценка физико-химической обстановки фильтров и
прифильтровой зоны скважин, построенных в Голодной степи

Классификация оценки по степени физико-химического загрязнения по данным разных авторов	Степень минерализации отфильтрованных вод		Содоноватность (от 3,0 до 5,0 г/л) (более 5,0 г/л)							
	Слабоминерализованные (до 3,0 г/л)	Среднеминерализованные (от 3,0 до 5,0 г/л)	Сильноминерализованные (более 5,0 г/л)	Содоноватность (от 3,0 до 5,0 г/л)	Содоноватность (более 5,0 г/л)	Содоноватность (от 3,0 до 5,0 г/л)	Содоноватность (более 5,0 г/л)	Содоноватность (от 3,0 до 5,0 г/л)	Содоноватность (более 5,0 г/л)	Содоноватность (более 5,0 г/л)
по Лангелю										
Показатель степени										
$J > 0$ - вода некоррозионная										
$J < 0$ - коррозионная										
$J = 0$ - стабильная										
по Ризневу										
$R_i < 9$ - отложение солей жесткости										
$R_i < 7$ - отложение железистых соединений										
по диаграмме Пурбе										
Невосприимчивость к коррозии										
Коррозия										
Пассивация										
по Хемму и Кронгару										
$J_1 > -2,3$ - вода некоррозионная										
$J_1 < -2,3$ - вода коррозионная										
$J_1 = -2,3$ - вода нейтральная										

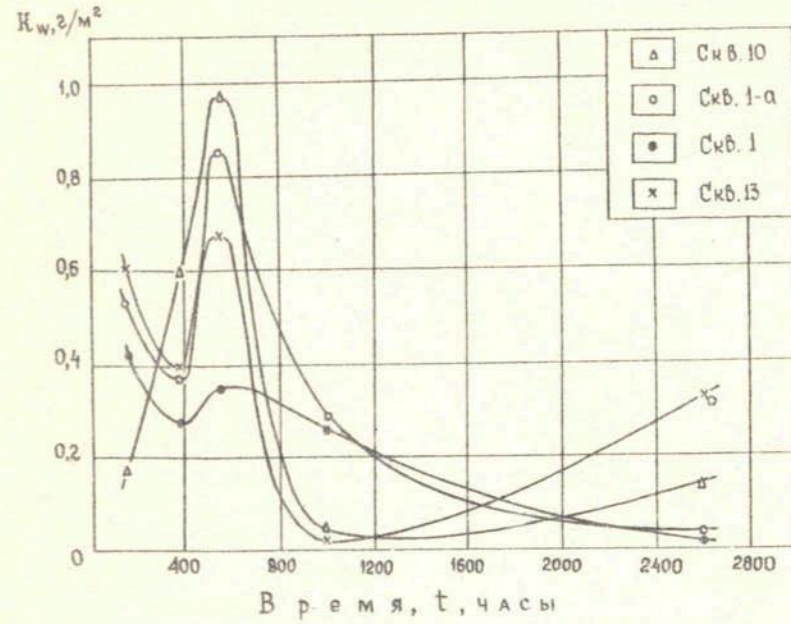


Рис. 2. Изменение в зависимости от времени скорости коррозии фильтрового каркаса под воздействием подземных вод.

При этом интенсивность старения скважины (снижения дебита) является функцией гидрохимических условий, в которых они работают. Для ее выражения Н.Д. Бессонов предложил экспоненциальную зависимость

$$q_t = q_0 e^{-\alpha t}$$

Для условий артезианской зоны эта зависимость может быть использована с учетом скорости старения и типов физико-химических процессов, протекающих в водоприемной части скважины:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha k \xi t}, \quad \alpha k \xi = \beta$$

$$Q_t = Q_0 e^{-\beta t}$$

где q_t, Q_t - фактический и удельный дебиты скважины в момент наблюдения;
 q_0, Q_0 - дебит (удельный дебит) скважины в начальный момент эксплуатации, л/с;
 α - коэффициент старения, зависящий от гидрохимических и гидродинамических факторов;
 k - скорость старения системы зависит от физико-химических процессов, протекаемых в водоприемной части скважины, т.е. от карбонатизационных, коррозионных и смешанных процессов;
 ζ - показатель степени; он может быть положительным, отрицательным и нулевой величиной;
 t - продолжительность работы скважины.

Для каждого процесса кольматации фильтров значение коэффициента различно и изменяется в широких пределах:

$\beta_1 = 0,057 \div 0,085$ - для карбонатизационных процессов;
 $\beta_2 = 0,052 \div 0,090$ - коррозионных;
 $\beta_3 = 0,085 \div 0,107$ - смешанных.

Снижение дебита за счет физико-химического кольматации - процесс неизбежный. Для металлических труб он протекает интенсивнее, чем труб из других материалов.

В результате статистической обработки материалов исследования определено, что между физико-химическим кольмататом и минерализацией подземных вод существует тесная корреляционная связь, описываемая уравнением

$$y = bx^{a/b}; \lg y = \lg b + \frac{a}{b} \lg x.$$

Способом программирования на ЭВМ БЭСМ-4М получены: коэффициент корреляции $R = 0,713$; коэффициент регрессии $R_{xy} = -1,024$; $R_{yx} = -0,497$.

Среднеквадратическое отклонение интенсивности физико-химического кольматанта, т.е. факторного признака, составляет

$\sigma_x = 0,316$; то же, минерализация подземных вод, т.е. результативного признака, равно $\sigma_y = 0,220$.

Вероятная ошибка коэффициента корреляции $E_R = 0,0275$; то же, регрессии $E_{R_{xy}} = 0,0274$.

Следовательно, с увеличением минерализации подземных вод растет интенсивность старения скважин - интенсивность физико-химического кольматанта. Без площадной оценки воздействия подземных вод на водоприемную часть скважин вертикального дренажа невозможно разработать эксплуатационные мероприятия по поддержанию нормального мелиоративного состояния орошаемых земель. В связи с этим нами разработаны принципы районирования территории в условиях аридной зоны по физико-химическим процессам, протекаемым в прифилтровой зоне и на фильтрах скважины. За основу таксономической схемы районирования приняты область, район и участок.

1. Область - выделена по степени естественной дренированности подземных вод и направлению общего солевого баланса.

2. Район - выделен по физико-химическим процессам (карбонатизационным, коррозионным и смешанным), определяемым по степени минерализации и химическому составу подземных вод, а также по показателю, зависящему от концентрации водородных ионов (рН) и окислительно-восстановительного потенциала (E_h).

3. Участок - выделен по интенсивности протекания физико-химических процессов: сильный, средний, слабый.

По предложенной таксономической схеме проведено районирование территории староорошаемой зоны Голодной степи по воздействию подземных вод на металлические фильтры СВД с учетом природных и гидрохимических условий региона.

В работе на основании изучения литературных источников предложены технологические приемы ремонтно-восстановительных работ на скважинах вертикального дренажа в зависимости от физико-химического кольматанта, протекаемого в водоприемной части скважины.

Из всех испытанных в Узбекистане (Х.Якубов, Р.Фатрахманов, А.Абиров) технологий ремонтных работ наиболее эффективными оказались метод торпедирования детонирующим шнуром ДШУ-33 и химическая обработка скважин триполифосфатом натрия с последующей очисткой фильтрового каркаса ершом или эрлифтной прокачкой. При этих методах достигается высокий коэффициент восстановления дебита скважин: $K_b \gg 0,75$.

В пятой главе излагается методика прогнозных расчетов изменения мелиоративных процессов, основанная на общих и частных водно-солевых балансах с учетом закономерности снижения дебита

скважин (дренированности территории) и расчета объема и сроков ремонтно-восстановительных работ по поддержанию на массиве оптимального мелиоративного режима почв.

Прогнозные расчеты изменения мелиоративного состояния земель Джетысайского района Чимкентской области, где на площади 54,6 тыс. га эксплуатируются 270 скважин вертикального дренажа с расходом 42 л/с (2125 м³/га) в 1984 г. против 65...70 л/с (5,5...6,0 тыс. м³/га) в начальный период работы системы, показывают, что если не будут предприняты меры по повышению их работоспособности, то к 1990 г. дренированность территории снизится до 1340 м³/га. За счет этого, на этих землях будет наблюдаться резкий подъем УГВ - до 1,8 м в вегетацию и 1,2 м в невегетационный период, повышение их минерализации (17 г/л против 5,65 г/л в 1984 г.) и полная реставрация засоления почв. Почвы будут переходить из категории незасоленных и слабозасоленных в категорию средне- и сильнозасоленных, а что обуславливает снижение урожайности до 15...16 ц/га.

Расчеты показывают, что ухудшение мелиоративного состояния можно предотвратить, если дренированность территории поддерживать на уровне "критической", при которой предотвращается подъем УГВ и реставрация засоления почв (для Джетысайского района она равна 2900 м³/га) (рис.3).

В связи с этим восстановительные работы на СВД необходимо начинать до момента, когда снижение работоспособности дренажа приводит к ущербу плодородия земель.

Объем восстановительных работ должен определяться по величине повышения дренированности территории до критической против таковой перед восстановлением:

$$\Delta D = D_8 - D_{8ф},$$

где D_8 - дренированность, созданная СВД и удовлетворяющая прогнозируемому типу рассоления почв (для земель, где дренаж работает несколько лет и за этот период достигнута рассоление зоны аэрации и опреснение верхнего слоя почв, эта величина будет равна "критической");

$D_{8ф}$ - объем откачек СВД до проведения восстановительных работ.

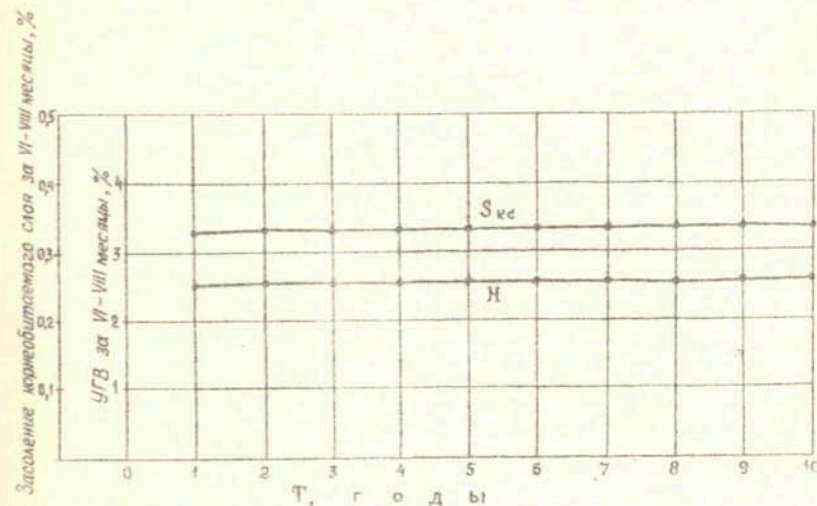


Рис.3. Динамика основных показателей мелиоративного состояния земель Джетысайского района при поддержании "критической" дренированности - 2900 м³/га ($\rho = 270$ шт., КПРС = 0,45, $Q_t = 0,42$ л/с).

Число скважин, на которых необходимо провести восстановительные работы для достижения "критической" дренированности с учетом максимально возможного КПРС, предлагается определять по зависимости

$$n' = \frac{\Delta D_8 \cdot F_8}{(Q_8 - Q_t) 86,4 \cdot T \cdot \text{КПРС}},$$

где F_8 - валовая площадь балансового контура;

T - продолжительность работы СВД, сут.; Q_8 - дебит (удельный дебит) скважины после восстановительных работ, л/с; Q_t - то же перед проведением таковых, л/с.

Дебит (удельный дебит) скважины после проведения восстановительных работ определяется как

$$Q_8 = Q_t \cdot K_8 \cdot e^{-\beta t},$$

где K_B - коэффициент восстановления дебита скважин,
 Q_0 - начальный дебит (удельный дебит).

Прогнозные расчеты показывают, что количество скважин, подлежащих ремонту, зависит от величины коэффициента восстановления (рис.4).

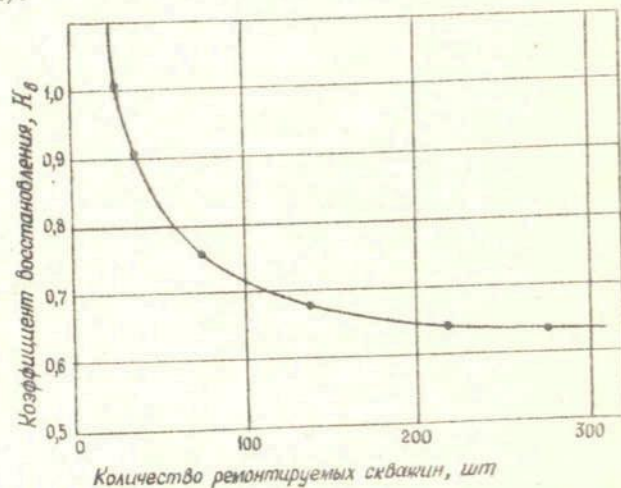


Рис.4. Количество ремонтируемых скважин в зависимости от коэффициента восстановления.

В то же время, чем дольше продолжительность эксплуатации системы без ремонта фильтров, тем больше потребуется вложить средств на восстановление дебита скважины по достижении "критической" дренарованности земель. При этом проводимые ремонтные работы на скважинах эффективны в тех случаях, когда технология очистки позволяет восстановить дебит скважины до 65...70 % от исходной величины и выше, т.е. при $K_B > 0,65$. В противном случае резко увеличивается число скважин, подлежащих ремонту для достижения критической дренарованности (рис.4). При $K_B < 0,65$ скважина подлежит перебурированию. На перебуриваемых или вновь закладываемых скважинах в качестве фильтрового каркаса лучше всего использовать трубы, изготовленные из неметаллических материалов - асбестоцементные, полимербетонные, полиэтиленовые и др., которые не подвергаются коррозионным явлениям.

Технико-экономические расчеты, проведенные для объекта СВД в Джетысайском районе, показали, что эффект от очистки фильтра зависит от коэффициента восстановления. При применении торпедирования, когда $K_B \geq 0,75$, он изменяется от 240 до 650 руб., на одну скважину. Общие затраты на капитальный ремонт при этом составляют 2770 руб. (рис.5).

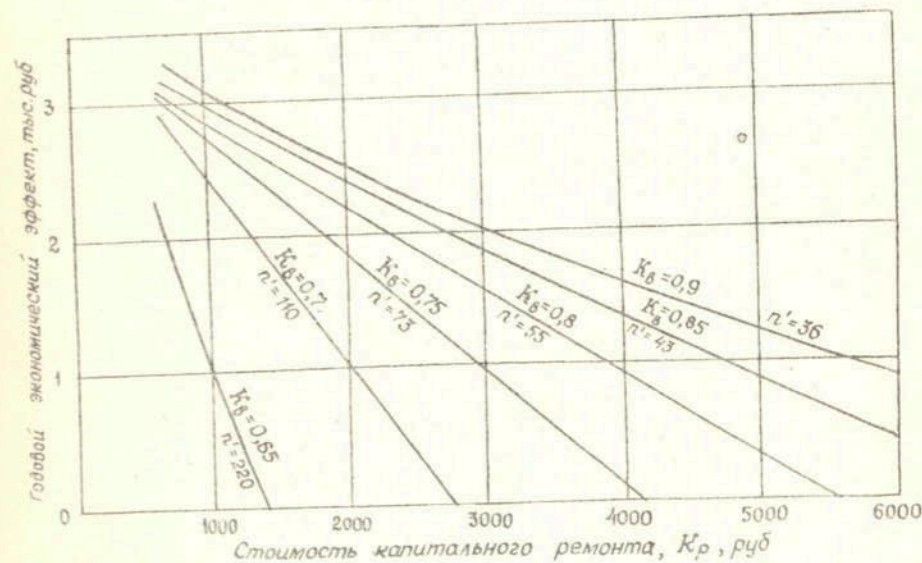


Рис.5. Изменение экономической эффективности очистки фильтра от кольматации в зависимости от стоимости капитального ремонта (на примере СВД в Джетысайском районе).

Эффект достигается за счет полного или частичного восстановления дебита и уменьшения величины понижения в скважинах, и, как следствие этого, снижения эксплуатационных расходов и затрат электроэнергии на отбор подземных вод, обеспечивающих заданную дренарованность территории. Экономический эффект от внедрения неметаллических труб, в частности асбестоцементных составляет 650...760 руб. на одну скважину.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Результаты проведенных лабораторных и натурных исследований работоспособности крупных систем вертикального дренажа позволили выявить постепенное снижение дренарованности территории и мелиоративной эффективности этих систем при их длительной эксплуатации, обусловленной, наряду с низкими показателями КНР ($0,5 \dots 0,6$, а на некоторых объектах меньше $0,25 \dots 0,30$), ненадежностью применяемых в настоящее время конструкций скважин вертикального дренажа в условиях эксплуатации их в агрессивной водной среде.

2. Процесс снижения дебита и удельного дебита скважин, а следовательно, дренарованности земель, тесно связан с физико-химическими явлениями, протекающими при отборе минерализованных подземных вод за счет нарушения химического равновесия их компонентов.

Установлено, что в условиях Голодной степи процесс коагуляции обусловлен степенью минерализации и химическим составом подземных вод, представленных тремя гидрохимическими типами:

- гидрокарбонатный или гидрокарбонатно-сульфатный тип;
- сульфатный или гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный тип;
- сульфатный или хлоридно-сульфатный тип.

3. На основе натурных исследований и результатов биохимического анализа установлено, что на системах скважин вертикального дренажа Голодной степи в отличие от Европейской части страны, биологического коагулянта не происходит из-за высокой концентрации хлоридно-сульфатного компонента и очень незначительного содержания ионов железа, марганца и биогенных веществ. Коагуляция фильтров и прифильтровых зон здесь связана с процессами отложения карбонатных солей (карбонатизация) и продуктов коррозионных разрушений металла (коррозионные явления).

В связи с этим выделено три типа процессов, протекающих в водоприемной части скважин: карбонатизационный, коррозионный и смешанный. Для каждого типа установлены количественные физико-химические характеристики.

Карбонатизационный процесс протекает при откачке слабоминерализованных подземных вод (до $3,0$ г/л) гидрокарбонатного типа,

Здесь на фильтрах и в прифильтровых зонах происходит отложение солей жесткости. Индекс Ланжелье $J_1 > 0$, $C_p > 1$; показатель Ризнера $R_1 < 7$; коэффициент по Хему и Кропперу $K > 2,5$; коэффициент старения $\beta_1 = 0,357 + 0,065$, по диаграмме Пурбе - карбонатизация.

Коррозионный процесс наблюдается в районах, представленных сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления подземных вод с минерализацией свыше $5 \dots 7$ г/л. На поверхности фильтра в отверстиях и околофильтровой зоне происходит коррозионное разрушение металла (фильтра) и накопление железистых осадков. Индекс Ланжелье $J_1 < 0$, $C_p < 1$; показатель Ризнера $7 < R_1 < 9$; интенсивность коррозии $J_2 > 0,1$, коэффициент по Хему и Кропперу $K < 2,5$; коэффициент старения $\beta_2 = 0,352 + 0,090$, по диаграмме Пурбе - коррозия.

Смешанный процесс происходит в районах, где имеются солончатые подземные воды с минерализацией $3 \dots 5$ г/л сульфатного и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридного типа. Здесь, наряду с осаждением карбонатных соединений на фильтре и в прифильтровой зоне, наблюдается накопление продуктов коррозионных разрушений металлических труб. Индекс Ланжелье $J_1 = 0$, $C_p = 1$; коэффициент по Хему и Кропперу $K \geq 2,5$; коэффициент старения $\beta_3 = 0,365 + 0,107$, по диаграмме Пурбе - пассивация.

4. Для всех гидрохимических типов подземных вод процесс снижения дебита скважин подчинен общей закономерности: скорость старения (снижения дебита) скважин в начальный период их эксплуатации протекает более интенсивно, а со временем наблюдается их плавное затухание. Для первых лет эксплуатации скорость снижения производительности скважин в зависимости от гидрохимического типа подземных вод достигает $5 \dots 8$ %, а на $6 \dots 8$ год - $2 \dots 3$ %. В условиях Голодной степи потери дебита (удельного дебита) скважин на $6 \dots 10$ год эксплуатации достигают $50 \dots 60$ %. При этом интенсивность снижения дебита и коэффициент старения скважин выше при коррозионных процессах.

5. Прогнозный расчет изменения мелиоративных процессов, проведенный на основе общих и частных водно-солевых балансов с учетом закономерности снижения дебита скважин (потери дренарованности территории), указывает на возможность реставрации засоления почвы и снижения урожайности сельскохозяйственных культур после

6...10 лет эксплуатации систем.

К указанному моменту дренажная способность территории снижается даже при высоких КРР ($> 0,65$) и достигает величины ниже так называемой "критической". Для северо-западной части Голодной степи величина критической дренажной способности оказалась равной $2750 \dots 3000 \text{ м}^3/\text{га}$.

Предотвращение ухудшения мелиоративного состояния земель может быть достигнуто путем проведения ремонтных работ по восстановлению дебита скважин или их переоборудованию.

Объем ремонтно-восстановительных работ определяется прогнозным расчетом, исходя из условий поддержания дренажной способности территории выше "критической".

6. Прогнозные балансовые и технико-экономические расчеты показывают, что ремонтные работы на скважинах эффективны лишь в тех случаях, когда технология очистки позволяет восстановить их дебит выше $65 \dots 70 \%$ от исходной величины.

Установлено, что если скважина выходит из строя из-за физико-химического колматажа и $K_b > 0,65$, рекомендуется проведение ремонтно-восстановительных работ: при карбонатизационных процессах применяется импульсный метод; при коррозии - химический метод; при смешанных процессах - комбинированный метод. В случае, если же неправильно подобран фильтр и некачественно построена скважина, и при $K_b \leq 0,65$, рекомендуется ее переоборудование уже с применением неметаллических труб (асбестоцементных, полимербетонных, полиэтиленовых и др.).

Из всех испытанных в Узбекистане технологий ремонтных работ наиболее эффективными оказались метод торпедирования детонирующим шнуром марки ДШУ-33 и химическая обработка скважин триполифосфатом натрия с последующей очисткой фильтрового каркаса вершним и эрлифтной прокачкой. При этом достигается высокий коэффициент восстановления дебита: $K_b \geq 0,75$.

7. Экономический эффект от очистки ствола фильтрового каркаса методом торпедирования при $K_b \geq 0,75$ составляет $240 \dots 650$ руб. в год на одну скважину.

Наиболее перспективной по удлинению продолжительности безперебойной работы систем скважин вертикального дренажа является замена металлических труб на неметаллические. Получаемый экономический эффект составляет $650 \dots 760$ руб. на одну скважину.

ческий эффект составляет $650 \dots 760$ руб. на одну скважину.

8. Выбор перспективных конструкций скважин из новых материалов и технологии ремонтно-восстановительных работ должен решаться с учетом физико-химических процессов, происходящих при отборе подземных вод. Для этого вся площадь, планируемая для скважин вертикального дренажа, подлежит районированию с выделением следующих таксономических единиц: область, район, участок. Каждая из этих территорий отличается по степени естественной дренажности подземных вод и направлению общего солевого баланса до эффективной глубины влияния вертикального дренажа, физико-химическим процессом, протекающим в фильтрах и прифильтровой зоне и по интенсивности их протекания. Предложенное районирование позволяет выявить основные причины снижения производительности скважин, дать прогноз их развития, а при проектировании и строительстве СВД предусмотреть меры, обеспечивающие их долговременную эксплуатацию, целенаправленную профилактику и ремонт.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Джалилова Т. Некоторые вопросы физико-химического колматажа скважин вертикального дренажа в Голодной степи - Сб. научн. тр. / Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 159, Ташкент, 1979, с. 28-34.

2. Джалилова Т. О причинах снижения дебита скважин вертикального дренажа в Голодной степи. - В кн. Материалы X конференции молодых ученых Узбекистана по сельскому хозяйству, Ташкент, 1980, с. 28-33.

3. Джалилова Т. Особенности колматажа скважин вертикального дренажа в зависимости от минерализации откачиваемых вод. - Сб. научн. тр. / Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 160, Ташкент, 1980, с. 107-112.

4. Джалилова Т. Принципы районирования территории Голодной степи по воздействию подземных вод на фильтр скважины вертикального дренажа. - В кн. Тезисы докл. республ. научно-технической конф. молодых ученых и специалистов по водному хозяйству, Ташкент, 1981, с. 61-63.

5. Джалилова Т. О коьматажа фальтров и прифальтрових зон скважин вертикального дренажа. - Сб. научн. тр. /Ташкентский ин-т инт. ирригации и механизации сельск. хоз-ва, вып. 121, Ташкент, 1981, с. 48-53.

6. Джалилова Т., Баширова И.С. Биологические исследования коьматажа скважин вертикального дренажа в Голодной степи. - Сб. научн. тр. /Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 163, Ташкент, 1981, с. 42-45.

7. Джалилова Т. Оценка естественных факторов, влияющих на работу конструктивных параметров скважин вертикального дренажа. - Сб. научн. тр. /Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 163, Ташкент, 1981, с. 85-94.

8. Якубов И.А., Икрамов Р.К., Джалилова Т., Каримова Н.М. К вопросу методики прогнозирования минерализации почвенного раствора и грунтовых вод при близком их залегании на крупных орошаемых массивах. - Сб. научн. тр. /Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 166, Ташкент, с. 3-10.

9. Якубов Х., Абиров А., Джалилова Т. Пути повышения работоспособности скважин вертикального дренажа. - Обзорная информация, УЗНИИТИ, Ташкент, 1983, 28с.

10. Якубов Х.И., Абиров А., Джалилова Т. Рекомендации по применению асбестоцементных труб в качестве фильтрового каркаса скважин вертикального дренажа. - САНИИРИ, Ташкент, 1983, 24с.

Сиз ва меърибон устозин,
Заедор Исламбердиевич !!!
Сизга ҳекаиз ва самимий
мишқатдоримиз ва зуррият
ила ғузувчилариз Тоғтохондан
ЎЗДАЛИК.

6/хт.86й. *Qant* -

Р-16699-Подписано в печать 31.10.86 г.
Заказ 442. Тираж 100 экз. Объем 1,2 п.л.
г.Ташкент, САНИИРИ, Я.Колоса, 24.