

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

---

На правах рукописи

БЕКМУРАТОВ Таштемир Утаевич

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО  
РЕЖИМА ПОЧВ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ  
ПЕРИОД РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО  
ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ НАПОРНЫХ ВОД

(На примере Западной Ферганы)

Специальность: 06.01.02 — мелиорация  
и орошаемое земледелие

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

БАКУ — 1983

- 3 -

Научная новизна состоит в том что:

1. Установлена закономерность опреснения почвогрунтов покровного мелкозема, минерализации грунтовых и откачиваемых вод и определен качественный состав солей в условиях напорного комплекса;

2. Выявлен оптимальный мелиоративный режим для земель, дренируемых скважинами вертикального дренажа, с установлением величины водоподачи и водоотведения при поливе водой различной минерализации;

3. Определен режим работы системы вертикального дренажа (СВД), позволяющий поддерживать на орошаемых землях оптимальный водно-солевой режим почв;

4. Установлена целесообразность совместной работы систем вертикального и горизонтального дренажей с установлением оптимальных их параметров в условиях напорного питания.

Практическая ценность работы и ее реализация. Научно-практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что внедрение в производство разработанных автором мероприятий, в частности на староорошаемых землях Западной Ферганы и аналогичных землях, дренируемых СВД, может обеспечить: опреснение почвогрунтов за сравнительно короткий срок; повышение коэффициента земельного использования (КЗИ); исключение вторичного засоления почвогрунтов при использовании вод, откачиваемых из скважин вертикального дренажа, на орошение; повышенную эффективность использования мелиорированных земель при меньших расходах оросительной воды на производство единицы продукции сельскохозяйственных культур.

Уточненные гидрогеологические параметры водоносного пласта и покровного мелкозема, рекомендуемый мелиоративный режим, обеспечивающий ускорение рассоления засоленных земель и поддержание благоприятного фона на мелиорируемых землях, использованы институтом "Ферганагипроводхоз" при составлении проектов вертикального дренажа Ферганской области.

Разработанная автором и другими Рекомендация "Режим работы (откачек) системы скважин вертикального дренажа в эксплуатационный период в условиях Кировского района Ферганской области" утверждена Техсоветом ММВХ УзССР (протокол № 418 от 4 июня 1974 г.); в 1975 г. она внедрена по плану новой техники в системе ММВХ УзССР на 19 скважинах с дренируемой площадью 2600 га. Полученный

годовой экономический эффект составил 330 тыс.рублей.

Установленные автором количественные и качественные показатели дренажных вод и предложения по их использованию на орошение без ущерба на мелиоративное состояние земель в условиях Центральной Ферганы включены институтом "Средазгипроводхоз" в "Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р.Сирдарья". Годовой экономический эффект от внедрения данной разработки составит около 800 тыс.рублей.

"Рекомендации по улучшению мелиоративных режимов и режима откачек систем вертикального дренажа (Кувинский, Ташлакский, Багдадский и Кировский районы Ферганской области УзССР)" утверждены ММВХ УзССР (26 ноября 1980 г) и внедрены по отраслевому плану новой техники в системе ММВХ СССР в 1982 г. на 289 скважинах с обслуживаемой площадью 44,2 тыс.га и экономическим эффектом 739,5 тыс.рублей в год.

Предметами защиты являются:

- мелиоративная эффективность системы вертикального дренажа в условиях напорных подземных вод и уточненные гидрогеолого-почвенно-мелиоративные параметры Западной Ферганы, необходимые для проектирования и эксплуатации этого вида дренажа;

- установленное, на основе выявленных закономерностей, опреснение зоны аэрации и покровного мелкозема; пределы оптимального регулирования водно-солевых режимов почв и грунтовых вод, обеспечивающие наращивание плодородия орошаемых земель при минимуме затрат водных ресурсов на выращивание единицы урожая;

- оптимальные сочетания и параметры вертикального и горизонтального дренажей и режим их работы, установленные на основе изучения гидродинамической картины притока в условиях напорного питания подземных вод;

- методика обоснования оптимального мелиоративного режима почв, обоснованная на отыскании минимума приведенных затрат, идущих на строительство и эксплуатацию дренажа, а также оросительной воды с разработкой эксплуатационных мероприятий по их реализации.

Апробация и публикация. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на Ученом совете САНИИРИ в 1970-1980 гг., на Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов водного хозяйства (Ташкент, 1973), на Третьей всесоюзной междузювской научной конференции по экономике эффек-

тивности капитальных вложений и финансированию ирригации (Ташкент, 1974) и на Республиканской конференции молодых ученых и специалистов - "Актуальные проблемы в области общественных, естественных и технических наук" (Ташкент, 1978).

По теме диссертации опубликовано 10 научных статей, в том числе одно "Руководство".

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, актов внедрения и других документов о практическом использовании научных результатов работы, приложений и списка литературы. Она изложена на 139 страницах машинописного текста, 39 рисунков, 49 таблиц; приложения занимают 32 страницы. Список литературы имеет 134 наименования.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводятся природно- и ирригационно-хозяйственные условия объекта исследований. Рассматриваемый район валовой площадью 365,6 тыс.га, где орошаемые земли занимают более 168,0 тыс.га, расположен в юго-западной части Ферганской межгорной впадины.

Для этого района характерны:

- слоистость водонасыщенного комплекса, представленного хорошо проницаемыми гравийно-галечниковыми отложениями мощностью до 25-30 м, разделенными слабопроницаемыми прослоями глин, суглинков и супесей;
- высокая напорность подземных вод. Пьезометрический напор залегает на 0,1-1,1 м выше уровня грунтовых вод, а величина подземного притока составляет 3,0-4,5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год;
- близкое залегание уровня грунтовых вод - 0,2-0,6 м;
- наличие земель с разной степенью и различными типами засоления почвогрунтов и грунтовых вод;
- невысокая минерализация (1,2-2,0 г/л) подземных вод;
- наличие искусственной дренированности территории горизонтальным и вертикальным дренажем.

На искусственно дренируемых землях Западной Ферганы площадью 204,0 тыс.га СВД получила распространение лишь на площади 23,14 тыс.га, закрытый дренаж - 1 тыс.га; остальная территория обслуживается открытой КДС.

Открытая КДС, несмотря на большую удельную протяженность, 15-20 м/га в зонах выклинивания на конусах выносов рек Сок и

Исфара; 30-35 м/га на периферии и до 60-70 м/га на межконусных понижениях - не способствовала оптимальному регулированию водно-солевых режимов почв, хотя и сыграла определенную роль при мелиорации засоленных земель, обеспечив медленный темп рассоления почвогрунтов при больших затратах оросительной воды -  $\Sigma B:ET = 1,25 + 1,30$ .

Основные причины слабой мелиоративной эффективности открытой КДС в условиях Западной Ферганы:

- напорность подземных вод;
- изменчивость параметров поперечного сечения и уменьшение способности снятия напора подземных вод за счет разрушения откосов под их действием, зарастания сорными растениями, а также прямых сбросов оросительной воды.

В результате из 179,86 тыс.га земель мелиорируемых при помощи открытых дрен и коллекторов, 45-46 % составляют земли с близким залеганием грунтовых вод и средним и сильным засолением почв.

В то же время на площади 23,14 тыс.га, обслуживаемой вертикальными дренами, где эксплуатируются 205 скважин глубиной 30-60 м с дебитом 20-70 л/с при суммарной мощности откачек систем 4-5 м<sup>3</sup>/с, создан благоприятный мелиоративный фон. Здесь грунтовые воды регулируются в пределах 1,7 + 2,5 м, а земли за короткий срок (3-5 лет) переведены с категории средне- и сильнозасоленных в категорию слабо- и незасоленных. При этом грунтовые воды опреснены до 2-3 г/л против 5-10 г/л и более, т.е. завершён мелиоративный период работы дренажа.

Во второй главе излагается изученность рассматриваемого вопроса и приводятся методики натурных исследований.

Теоретические аспекты создания оптимальных водно-солевых режимов почв на орошаемых землях глубоко изучены и освещены в работах А.Н. Костякова, С.Ф. Аверьянова, В.А. Ковды, В.Р. Волобуева, А.К. Ананьяна, И.П. Айдарова, Н.Н. Веригина, В.А. Барона, А.И. Голованова, С.В. Нерпина, В.М. Шестакова, Д.Ф. Шульгина, Л.М. Рекса, А.Я. Олейника и др. Результаты натурных исследований регулирования водного и солевого режимов рассмотрены в трудах В.А. Ковды, В.В. Егорова, В.А. Духовного, А.К. Бехбудова, А.К. Оруджева, Б.М. Агаева, К.Г. Теймурова, В.М. Легостаева, А.А. Рахчинского, Н.М. Решеткиной, М.И. Каплинского, С.Н. Рижова, И.С. Рабочева, Х.И. Якубова, Н.Ф. Беспалова, И.К. Киселевой, М.К. Рагимова, А.У. Усманова, М.М. Сейидова, Х.Ф. Джафарова и многих дру-

ГКХ.

Однако в указанных опубликованных работах слабо освещены результаты натурных исследований и принципы разработки комплекса мероприятий по поддержанию оптимального водно-солевого режима почв для эксплуатационного периода работы вертикального дренажа в условиях интенсивного напорного питания.

Основным методом решения поставленных в диссертации вопросов явилось проведение на опытно-производственных участках многолетних натурных исследований (1970-1980 гг.) и, на их основе, выведение прогнозных расчетов водно-солевых режимов почв.

Ряд вопросов, связанных с определением эффективности применения вертикального дренажа, решался в региональном масштабе с привлечением результатов исследований на ключевых участках, а также эпизодических обследований на крупных массивах, проведенных Управлениями службы мелиорации.

Все режимные наблюдения за изменениями водно-физических свойств почв, грунтовых и напорных вод, вододачи, стока по КДС, содержания легко растворимых солей в почвогрунтах насыщенной и ненасыщенной зон, необходимые для балансовых расчетов, определения гидрогеологических и гидрохимических параметров, выполнены по общепринятым методикам ВНИИГиЛ, СНИИРИ и СоюзНИИХ.

Региональную оценку мелиоративной эффективности СВД и совместной работы СВД и горизонтального дренажа производили путем анализа результатов общего и частных балансов орошаемых земель, а оптимизацию мелиоративных режимов почв - прогнозом водно-солевого режима с использованием методов физико-химической гидродинамики.

В третьей главе приводятся результаты натурных исследований параметров (дебит, удельный дебит, радиус влияния, КПС и др.) скважин вертикального дренажа и регулирования водно-солевого режима почв на его фоне.

Исследования проводились на двух опытно-производственных участках. Первый, построенный в 1959-1961 гг. на землях отделений "Хакикат" совхоза Бешарик и "Наукат" совхоза им. Кирова, состоит из 7 скважин глубиной 22,7 + 60,7 м, расположенных на площади 678 га. Здесь до строительства СВД работала открытая КДС протяженностью 40 м/га, глубиной 1,5-3,5 м (в том числе 17 м/га составляли внутрихозяйственные дрены глубиной 1,5-2,0 м), которая не обеспечивала оптимальных условий для регулирования водно-солевого режима почв.

Длительная остановка скважин вертикального дренажа (1964-1968 гг.) привела к реставрации засоленных почв, опреснение которых было достигнуто за предыдущий период эксплуатации системы.

Второй участок, состоящий из 5 скважин, расположенных на площади 565 га совхоза Бешарик, был построен в 1967 г. здесь удельная протяженность КДС составляла 20,3 м/га.

Литологическое строение опытных участков, характерное для земель Западной Ферганы, представлено сверху переслаивающимися суглинками, супесями и песком, которые с глубины 6-18 м подстилается гравийно-галечниковыми отложениями с примесью песков мощностью 14-33 м, разделяемыми не большими по мощности линзами суглинков и супесей. Здесь отмечается наличие напорных подземных вод.

Коэффициент фильтрации покровного мелкозема, рассчитанный по натурным наблюдениям, составляет 0,50, а грунтов зоны аэрации 0,22-1,08 м/сут. Коэффициент фильтрации водоносного комплекса, представленного хорошо проницаемыми отложениями, изменяется от 12,5 до 22,4 м/сут на первом участке и 13-18,5 м/сут на втором (табл. 1).

Средневзвешенная величина предельно полевой влагоемкости (ПВВ) трехметрового слоя почвогрунтов равна 22,7 % от массы почвы на первом участке и 21,8 % - на втором. Водоотдача составляет 0,11 и 0,19; плотность грунта - 1,56 и 1,43 т/м<sup>3</sup>; пористость - 0,43 и 0,48, соответственно, по первому и второму участкам.

Исходное мелиоративное состояние опытных участков (1964-1967 гг.) характеризовалось:

- слабой дренированностью территории, где дренажный модуль открытой КДС протяженностью 40; 20,3 м/га по участкам не превышал 0,09-0,12 л/с с 1 га;

- близким залеганием минерализованных грунтовых вод и высокой напорностью подземных. Площадь земель с глубиной грунтовых вод до 1,5 м составила 68 % на первом участке и 48 % на втором. Гидростатический напор в течение года превышал уровень грунтовых вод на 0,2-0,6 м на первом участке и на 0,1-1,0 м на втором. Площадь земель с минерализацией грунтовых вод 3 г/л и более составляла 78,7 и 32,7 % соответственно (табл. 1);

- засоленностью почвогрунтов. Площадь земель со средним и сильным засолением почв изменялась в пределах 37,0-46,3 % на первом участке и 3-5 % на втором. При этом основное содержание солей распределено в верхнем 3,0-3,5 метровом слое почв, что присуще землям с напорным питанием подземных вод;

Таблица I

Параметры и эффективность систем  
вертикального дренажа в Западной Фергане

| Показатели                                                      | Участки    |           |
|-----------------------------------------------------------------|------------|-----------|
|                                                                 | I          | II        |
| Общая площадь, га                                               | 678        | 565       |
| Количество скважин, шт.                                         | 7          | 5         |
| Мощность покровного мелкозема, м                                | 8-16       | 6-18      |
| Мощность водоносного пласта, м                                  | 15-26      | 14-33     |
| Глубина скважин, м                                              | 22,7-60,74 | 32,5-48,0 |
| Результаты исследований:                                        |            |           |
| дебит скважин, л/с                                              | 10-40      | 15-40     |
| радиус действия, м                                              | 400-700    | 300-600   |
| коэффициент работы систем (КРС)                                 | 0,3-0,64   | 0,41-0,64 |
| дренажный модуль, л/с.га                                        | 0,14-0,25  | 0,16-0,24 |
| В том числе по СВД:                                             | 0,09-0,13  | 0,12-0,16 |
| диапазон регулирования УГВ, м                                   | 1,83-3,56  | 1,80-2,77 |
| разность между УГВ и напором подземных вод, м                   | 0,1-0,7    | 0,1-0,4   |
| Скорость снижения грунтовых вод:                                |            |           |
| - в бытовых условиях, м/сут                                     | 0,013      | 0,015     |
| - под влиянием откачек                                          | 0,15-0,18  | 0,15-0,22 |
| Скорость снижения напора:                                       |            |           |
| - в естественных условиях, м/сут                                | 0,015      | 0,018     |
| - под влиянием откачек, м/сут                                   | 0,10-0,6   | 0,1-0,45  |
| Площадь земель с минерализацией грунтовых вод 3 г/л и более, %: |            |           |
| - в бытовых условиях (1970 г)                                   | 78,7       | 32,7      |
| в 1980 г                                                        | 29,0       | 18,5      |
| Урожайность хлопчатника, т/га :                                 |            |           |
| - в бытовых условиях (1970 г)                                   | 2,8        | 2,4       |
| в 1975 г                                                        | 3,5        | 3,5       |
| в 1980 г                                                        | 3,8        | 3,85      |
| Водоподача ( $Q_p$ ), м <sup>3</sup> /га в год                  |            |           |
| 1970                                                            | 8100       | 8026      |
| 1975                                                            | 7500       | 7770      |
| Расходы воды на 1 т хлопка-сырца, м <sup>3</sup> /т             |            |           |
| 1970                                                            | 2654       | 2877      |
| 1975                                                            | 2159       | 2220      |
| 1970                                                            | 1,23       | 1,14      |
| 1975                                                            | 1,04       | 1,06      |

- положительным водно-солевым балансом покровного мелкозема и зоны аэрации. Ежегодный приток подземных вод в покровные отложения из каптируемых пластов изменялся в пределах 3,0-3,5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год на первом участке и до 4,0-4,6 тыс.м<sup>3</sup>/га на втором;

- нестабильностью урожайности сельскохозяйственных культур. Урожайность хлопчатника за пять лет до регулярной эксплуатации систем (1965-1970 гг) изменялась в пределах 2,23-2,8 т/га.

Вертикальный дренаж на участках эксплуатировался в зависимости от дебита (10-40 л/с) и количества одновременно работающих скважин с суммарной производительностью 10-188 л/с. При этом коэффициент полезной работы систем (КПРС) составил 0,3-0,64 на первом участке и 0,41-0,64 на втором. При такой эксплуатации систем на участках была достигнута необходимая для оптимального регулирования водно-солевого режима почв дренированность: среднегодовой дренажный модуль изменялся в пределах 0,14-0,25 л/с на первом участке и 0,16-0,24 на втором.

В период эксплуатации СВД скорость снижения грунтовых вод составила 0,15-0,18 м/сут на первом участке и 0,15-0,22 на втором, против 0,013-0,018 м/сут в бытовых условиях при горизонтальном дренаже. Скорость снижения пьезометрического напора составила 0,10-0,6 и 0,1-0,45 м/сут соответственно по участкам.

Высокая мелиоративная эффективность СВД в условиях интенсивного подземного притока со стороны проявилась влиянием ее на режим и минерализацию грунтовых вод; водно-солевой режим почвогрунтов (засоленность почв); водно-солевые балансы орошаемых земель, а также урожайность и водопотребление сельскохозяйственных культур.

Регулярная эксплуатация СВД позволила:

а) регулировать УГВ на участках в широких пределах: 1,8-3,56 м (в вегетационный период 1,8-2,66 м) на первом участке; 1,8-2,77 м (в вегетационный период 1,8-2,61 м) на втором. Меньшие пределы регулирования УГВ на втором участке объясняются слабой степенью засоленности почв и грунтовых вод, с одной стороны, и большим размером подземного притока - с другой.

В процессе работы скважин напор подземных вод залегал на 0,1-0,7 м ниже уровня грунтовых вод на первом участке и на 0,1-0,4 м - на втором. За этот период сократилась площадь с минерализацией грунтовых вод до 29-18,5 %, против 78,7 и 32,7 % в исходном состоянии;

б) достичь быстрого темпа рассоления почвогрунтов зоны

аэрации и зоны, расположенной ниже уровня грунтовых вод (рис. 1). Так, если на первом участке площадь незасоленных земель в 1970 г. составила 138 га (20,4 % от общей площади участка), то в 1975 г. она достигла 351 га (51,7 %), а в 1980 г. - 386 га (57 %). Соответственно площадь средnezасоленных почв уменьшилось с 250 до 30,4 га (4,5 %).

Земли второго участка в исходном состоянии были в основном незасоленными - 89,5 %; остальная площадь представлена слабо- и средnezасоленными почвогрунтами.

В период исследований площадь незасоленных земель возросла до 98,7 %. При этом за 4-5 лет эксплуатации СВД было достигнуто повсеместное рассоление почвогрунтов зоны аэрации и зоны, расположенной ниже уровня грунтовых вод, а также опреснение минерализации последних. Содержание солей в почвогрунтах зоны аэрации доведено до 0,6 % по плотному остатку и 0,01-0,015 % по иону хлора, т.е. ниже порога токсичности солей хлоридно-сульфатного и сульфатного типов засоления.

Такое рассоление почвогрунтов зоны аэрации глубоких горизонтов и опреснение минерализации грунтовых вод ниже 3 г/л достигнуто путем проведения промывного режима орошения в годовом разрезе при отношении водопоступления на поля к суммарному испарению  $\Sigma B : ET = 1,03 \pm 1,35$ . По мере рассоления почв планомерно снижалось значение коэффициента промывного режима орошения за счет уменьшения норм осенне-зимних промывок. Так, с 1975 г. превышение водопоступления на поля над суммарным испарением составляло 3-10 %.

В процессе опреснения, наряду с уменьшением общего содержания солей в почвах, наблюдается изменение их качественного состава. Так, при рассолении почв с 2,0-1,5 до 1,0-0,8 % по плотному остатку, относительные значения суммы нетоксичных солей увеличиваются с 52 до 60 %, т.е. улучшается качественный состав солей.

В то же время снижение содержания солей ниже 0,8-1,0 % по плотному остатку способствует уменьшению значения суммы нетоксичных солей - с 60 до 45 %; наблюдается процесс ухудшения качественного состава гипотетических солей, сопровождаемый обеднением почв гипсом и другими кальциевыми соединениями, что создает условия для возникновения процесса осолонцевания (рис. 2). Аналогичная картина изменения качественного состава солей происходит по отдельным ионам (рис. 3).



Рис. 1. Динамика рассоления почвогрунтов под влиянием вегетационных поливов и эксплуатационных промывок на фоне СВД:  
1 - весна 1970 г.; 2 - осень 1970 г.;  
3 - осень 1972 г.; 4 - осень 1974 г.;  
5 - осень 1980 г.

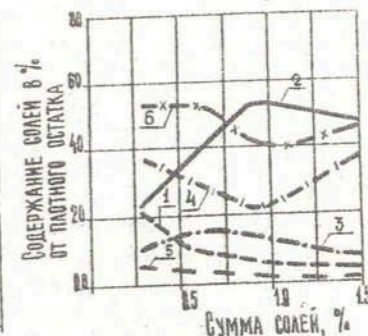


Рис. 2. Изменение состава солей при различных степенях опреснения почв: 1 -  $Ca(HCO_3)_2$ ; 2 -  $CaSO_4$ ; 3 -  $MgSO_4$ ; 4 -  $Na_2SO_4$ ; 5 -  $NaCl$ ; 6 - сумма токсичных солей.

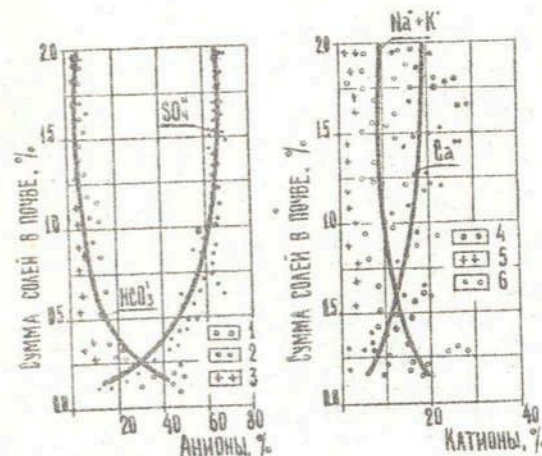


Рис. 3. Зависимость содержания относительных величин отдельных анионов и катионов в почве:  
1 -  $HCO_3^-$ ; 2 -  $SO_4^{2-}$ ; 3 -  $Cl^-$ ; 4 -  $Ca^{2+}$ ; 5 -  $Mg^{2+}$ ; 6 -  $Na+K$ .

Следовательно, порогом токсичности солей при хлоридно-сульфатном и сульфатном типах засоления может быть принято содержание солей в почвах до 0,8-1,0 % по плотному остатку и 0,015-0,02 % по иону хлора.

На основании статистической обработки данных опытов установлена четкая параболическая связь между суммой солей в почве с ионами  $SO_4$ , а также между суммой солей и  $HCO_3$  и слабая параболическая связь между суммой солей и ионами кальция и натрия соответственно. В первом случае корреляционные отношения равны 0,90 и 0,86, ошибки 0,024 и 0,033; во втором - 0,63 и 0,52, ошибки 0,078 и 0,094 соответственно по указанным выше ионам (табл. 2).

Таблица 2

Связь между суммой солей и отдельными ионами

| Зависимость       | Уравнение связи                          | Корреляционные отношения | Ошибка корреляционных отношений |
|-------------------|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| $SO_4 = f(c.c.)$  | $Y_x = 20,97 + 61,65 \cdot X - 19,33X^2$ | 0,90                     | 0,0245                          |
| $HCO_3 = f(c.c.)$ | $Y_x = 40,71 - 49,82X + 15,33X^2$        | 0,86                     | 0,033                           |
| $Ca = f(c.c.)$    | $Y_x = 5,12 + 16,19X - 5,12X^2$          | 0,63                     | 0,078                           |
| $Na+K = f(c.c.)$  | $Y_x = 20,46 - 14,76X + 4,84X^2$         | 0,52                     | 0,094                           |

в) создать отрицательный водно-солевой баланс зоны аэрации и покровного мелкозема. Так, на первом участке из общего водопоступления на территорию в 1970, 1972 и 1975 годах в размере 15145 ( $O_p = 9670$ ,  $A = 751$ ,  $\Pi = 4724$ ), 15400 ( $O_p = 9488$ ,  $A = 1608$ ,  $\Pi = 4305$ ) и 14702 ( $O_p = 9132$ ,  $A = 463$ ,  $\Pi = 5107$ ) отток по КДС составил соответственно по годам 8,0; 6,4 и 5,5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год. Отток по КДС на втором участке изменялся от 7,7 до 5,3 тыс.м<sup>3</sup>/га при близком по величине водопоступлении. Значения суммарного испарения по участкам идентичны и колеблются от 7,081 до 7,745 м<sup>3</sup>/га.

При указанных параметрах водного баланса солевой баланс территории складывался по типу необратимого рассоления земель с выносом солей от 13,3 до 6,9 т/га на первом участке и от 6,5 до 2,87 т/га на втором.

Более интенсивный процесс рассоления наблюдался в зоне аэрации. Здесь вынос солей на первом участке варьировал в зависимости от рассоляющего расхода ( $\pm q$ ) от 23,56 т/га (в 1970) и 34,25 (1972) до 2,37 т/га в 1975 г. На втором участке отмечался более слабый темп выноса солей из зоны аэрации - 1,26-11,4 т/га. Вели-

чина рассоляющего расхода колебалась в пределах 358 - 2959 м<sup>3</sup>/га на первом участке и 566 до 2044 м<sup>3</sup>/га на втором (рис. 4). В то же время по мере рассоления зоны аэрации наблюдалось снижение значения рассоляющего расхода, что достигнуто путем регулирования водоподачи на поля (рис. 4);

г) повысить урожайность сельхозкультур и снизить водопотребление на выращивание единицы продукции. Урожайность хлопчатника к 1975 г достигла 3,5, а к 1980 г 3,8 т/га на первом участке и 3,85 т/га на втором. За десять лет прирост урожайности хлопчатника составил 1,2 т/га на первом участке и 1,45 т/га на втором. При этом с 1970 по 1975 год снизились расходы воды на выращивание единицы продукции на 500 и 650 м<sup>3</sup>/т соответственно по участкам /см. табл. 1/, т.е. удельные расходы воды на единицу продукции на первом участке составили 2159 м<sup>3</sup>/т против 2654 в 1970 году; на втором соответственно 2220 м<sup>3</sup>/т против 2877.

Глава IV посвящена одному из наиболее важных вопросов регулирования водно-солевого режима почвогрунтов и грунтовых вод - обоснованию оптимального мелиоративного режима почв, обеспечивающего наименьшие затраты оросительной воды на единицу продукции сельскохозяйственных культур и на их основе - разработке режима работы СВД на эксплуатационный период.

Понятие "мелиоративный режим" введено в мелиорацию Н.М. Решетниной, далее развито А.А. Рачинским, А.И. Головановым, А.К. Бехбудовым, И.П. Айдаровым, Л.М. Рексом, В.А. Духовным, Х.И. Якубовым, Д.М. Каном, Н.Ф. Беспаловым и др.

Вопросу оптимизации мелиоративного режима и методике его расчета посвящены работы Л.М. Рекса (1974), И.П. Айдарова и Э. Каримова (1974), В.А. Духовного и др. (1979) и др. Существующие методы расчета предусматривают, в основном, решение вопроса для условий работы горизонтального дренажа.

На землях, дренируемых скважинами вертикального дренажа, создание и поддержание оптимального мелиоративного режима имеет свою особенность как по методологии расчетов, так и по их реализации (технологии осуществления).

Принятая автором оптимизация мелиоративных режимов предусматривает прогноз норм оросительной воды, удовлетворяющих биологические потребности сельскохозяйственных культур, дающих возможность регулировать водно-солевой режим почв с последующим определением мощности дренажа, режима его работы и технико-эко-

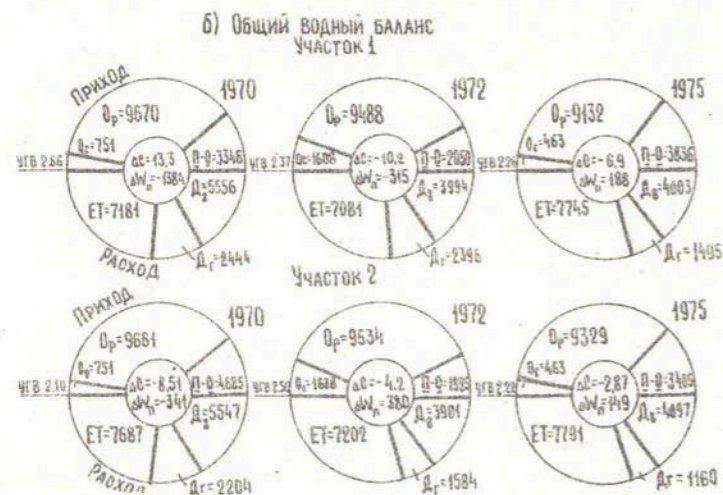
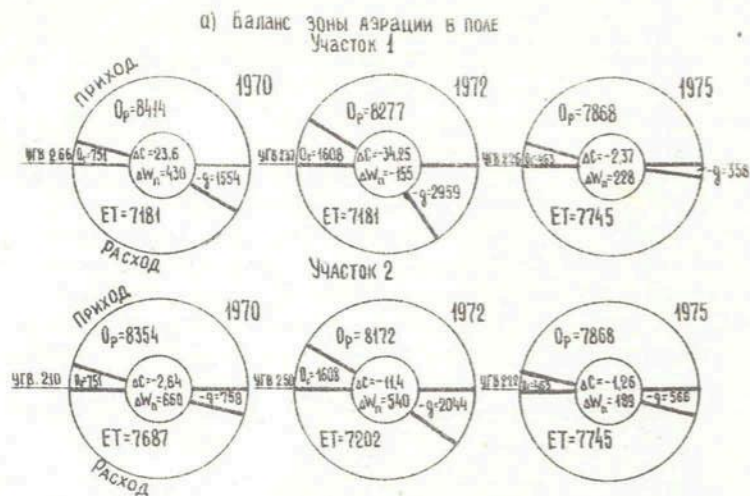


Рис. 4. Структура статей общего водного баланса зоны аэрации, м³/га:  $O_p$  - водоподачи в поле (нетто);  $O$  - атмосферные осадки;  $(-g)$  - питание грунтовых вод опусканием почвенной влаги;  $g$  - дренажный сток;  $ET$  - эвапотранспирация;  $\Delta W_n$  - разность подземного притока и оттока;  $\Delta W$  - изменение запасов влаги в расчетном слое;  $\Delta C$  - солевой режим. Знак - (минус) перед цифрами обозначает вынос солей; + (плюс) - накопление.

номических параметров дренажной системы. Прогнозные расчеты при этом проводились как балансовым методом, так и методом физико-химической гидродинамики при среднегодовых уровнях грунтовых вод: 1,5; 1,9; 2,45; 3,0; 3,5 и 4,0 м. Прогноз водно-солевого режима по месяцам проводился на ЭВМ ЕСЭМ-4М согласно программе Р.В. Савельевой (1974, 1978 гг) с использованием гидрохимических параметров, установленных автором на ОИУ.

Прогнозные расчеты, проведенные для указанных выше параметров грунтовых вод, показывают, что для поддержания на орошаемых землях оптимального водно-солевого режима почв необходимо подавать воду в следующих размерах (нетто в поле):

а) при поливе сельскохозяйственных культур пресной поверхностной водой (0,5-0,7 г/л) - 8890 м³/га, 7910, 6780, 6325, 6420, 6510 м³/га в год; б) то же, минерализованной водой до 3,0 г/л - 11530 м³/га, 9670, 7890, 6325, 6420 и 6510 м³/га в год.

Мощность и режим работы СВД рассчитывали на указанные оросительные нормы с учетом фильтрационных потерь, подземного притока со стороны и атмосферных осадков.

Оптимальный мелиоративный режим выбирали путем сопоставления результатов технико-экономических расчетов по минимуму суммарных приведенных затрат на строительство и эксплуатацию СВД ( $I^0_{в.д.}$ ) и на формирование и подачу оросительной воды ( $I^0_{ор.в.}$ ) (рис. 5):

$$I^0_{в.д.} + I^0_{ор.в.} \rightarrow \min$$

Данные, приведенные на рис. 5, показывают, что в условиях Западной Ферганы наиболее выгоден полугидроморфный мелиоративный режим как при поливе сельскохозяйственных культур пресной (0,5 г/л) поверхностной водой, так и минерализованной до 3 г/л с регулированием уровня грунтовых вод в пределах 2,5-3,0 м. В этом случае оптимальный водно-солевой режим почв достигается при оросительной норме поверхностной воды 6325-6700 м³/га нетто, а приведенные затраты по дренажу составляют 205-210 руб/га.

При автоморфном мелиоративном режиме с регулированием уровня грунтовых вод в пределах 3-4 м оптимальный водно-солевой режим почв достигается при минимуме затрат оросительной воды 5520-6000 м³/га, но максимуме приведенных затрат - 245-258 руб/га. Это объясняется необходимостью увеличения мощности СВД для сработки уровня грунтовых вод до 4,0 м в условиях усиленного подземного притока со стороны.

С переходом на гидроморфный режим (УГВ 1,5-1,9 м) затраты

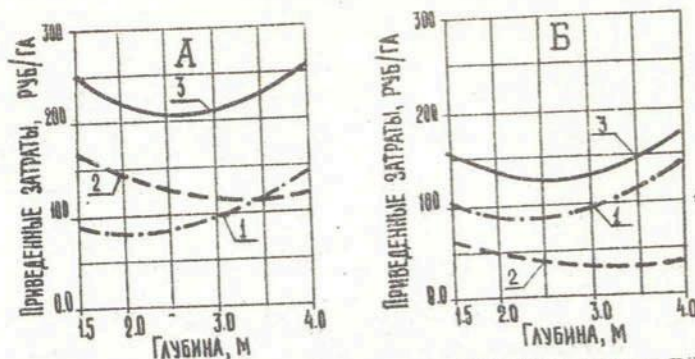


Рис. 5. Зависимость приведенных затрат по дренажу и оросительной воде при различных мелиоративных режимах: А - приведенные затраты в варианте с использованием на орошение пресных поверхностных вод; Б - то же, минерализованных дренажных вод; 1 - приведенные затраты по дренажу; 2 - то же, по воде; 3 - суммарные приведенные затраты по дренажу и воде.

оросительной воды для создания оптимального водно-солевого режима почв резко возрастает, достигая 8890 м<sup>3</sup>/га, а приведенные затраты остаются на уровне 245-250 руб/га. Таким образом, общий объем откачки остается таким же, как при автоморфном режиме (за счет меньшего объема отбора воды, формируемого со стороны).

В случае использования на орошение откачиваемых вод с минерализацией до 3 г/л для поддержания оптимального водно-солевого режима почв необходимо увеличить норму водопотребления на 10-23 % - в зависимости от поддерживаемых мелиоративных режимов.

Для земель, не подверженных засолению, с близким залеганием уровня грунтовых вод оптимальным оказался гидроморфный мелиоративный режим с регулированием уровня грунтовых вод от 1,8 до 2,0 м; при этом достигается минимум затрат оросительной воды.

В связи с широким развитием орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря в последние годы сильнее ощущается дефицит водных ресурсов, особенно в маловодные годы. В связи с этим в диссертации рассматривается вопрос интенсивности реставрации засоления земель в маловодные годы с водообеспеченностью 90, 75 и 60 % при среднегодовых глубинах грунтовых вод 2,4-2,5 м при поливе пресной водой (0,5-0,7 г/л).

Прогнозные расчеты показали, что запасы солей в двухметровом слое увеличиваются за один год маловодья с 0,015 до 0,0165 % при

90 % - ной водообеспеченности; до 0,0181 и 0,023 % по иону хлора, соответственно, при 75 и 60 % - ной водообеспеченности.

Для перехода земель из категории незасоленных к средnezасоленным по содержанию иона хлора (0,045 %) потребуется 12 лет при 90 % - ной водообеспеченности, 7 при 75 и 3 года при 60, по истечении которых наступит снижение урожайности сельскохозяйственных культур до 60-75 %.

В случае покрытия дефицита пресной воды за счет минерализованной (3,0 г/л) потери продукции хлопка-сырца в году 60 % - ной водообеспеченности уменьшаются до 4,5-5,0 % за один маловодный год; 6,0-7,8; 9,0-11,0 % за два и за три маловодных года против 25,0; 44,0 и 75,0 % соответственно.

В годы 90 и 75 % - ной водообеспеченности потери продукции не превышают 1,0-4,0 %. Очевидна целесообразность широкого использования откачиваемых вод из скважин вертикального дренажа и стока КРС для покрытия дефицита водных ресурсов и регулирования промывных норм в осенне-зимних эксплуатационных промывках в маловодные годы.

По результатам выбранных для условий Западной Ферганы мелиоративных режимов разработан режим работы системы вертикального дренажа для Багдадского района, где земли представлены незасоленными почвами, и Кировского, земли которого в различной степени засолены. Установлены: пределы регулирования УГВ, распределение водоподачи в течение года, объем отбора подземных вод по месяцам, количество одновременно работающих скважин, продолжительность работы систем и КРС по месяцам (рис. 6).

Для Багдадского района предлагается поддерживать УГВ в вегетационный период в пределах 1,8-2,10 м - на 10-15 см ниже фактического положения; в невегетационный - 2,1-2,5 м.

Среднегодовое значение КРС составляет 0,71, против фактических 0,55-0,70, в том числе за период вегетации 0,78, против существующего 0,66. Водоподачу на границе хозяйств предлагается снизить до 8,0-8,5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год, против 10-11 тыс.м<sup>3</sup>/год (на 15-24 %). Тогда удельный объем откачек составит 6229 м<sup>3</sup>/га в год.

Режим работы скважин "на воду", расположенных в пределах рассматриваемого района, предложено осуществлять, исходя из условия режима водопотребления орошаемых земель с учетом фактической эксплуатации их за последние три года с КРС 0,41 против

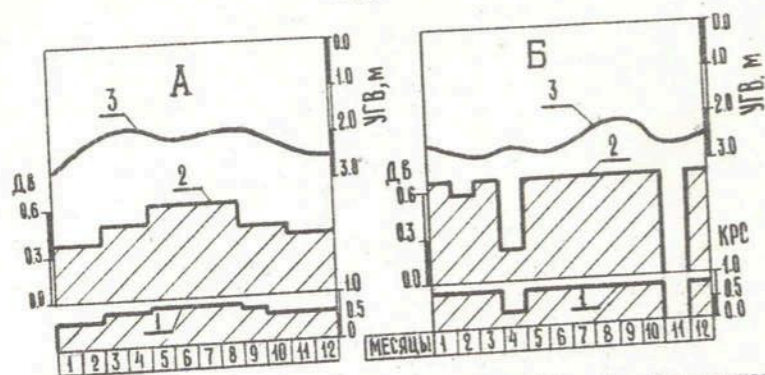


Рис. 6. Показатели режимов откачек из СВД: А - Багдадского района; Б - Кировского района; 1 - КРС; 2 - прогнозный объем откачиваемых вод ( $D_g$ ),  $m^3/га$ ; 3 - глубина грунтовых вод, м.

0,36 в существующих условиях; и при этом объем откачиваемых вод составляет  $2483 m^3/га$  в год.

В рекомендуемом режиме откачек для системы СВД Кировского района предусматривается поддержание среднегодовой глубины грунтовых вод на уровне 2,51 м, против фактических (1973-1980 гг) 2,0-2,37 м, в том числе за вегетацию 2,15-2,60 м. Водоподача в поле (на комплексный гектар) равна  $6400 m^3/га$  в год, против фактических 7400-8350. Коэффициент работы систем (КРС) - 0,70, против 0,45-0,60. Увеличение КРС в рекомендованном режиме откачек по отношению к существующим объясняется тем, что в нем предусматривается ликвидация 58-60 % КРС. При этом объем откачиваемых вод скважинами вертикального дренажа увеличивается в 1,27 и в 1,5 раза и доходит до  $6810 m^3/га$  в год.

Осуществление данных рекомендаций на практике показало возможность получения оптимального мелиоративного режима, при создании отрицательного водно-солевого баланса. Вынос солей из рассматриваемых зон составил от 3,18 до 6,27 т/га в год.

1. В настоящее время на территории Западной Ферганы из всех орошаемых земель, нуждающихся в дренаже (204,0 тыс.га к 1981 г), лишь 23,14 тыс.га дренируются вертикальным дренажем и около одной тысячи гектаров - закрытым горизонтальным дренажем, который в условиях напорных подземных вод не обеспечивает мелиорации засоленных и избыточно увлажненных земель. Главные причины слабой эффективности работы этого вида дренажа - незначительный диапазон регулирования грунтовых вод, подверженность его параметров изменениям (опливание, заиливание дна, зарастание и др.), усугубляющаяся напорностью подземных вод.

2. Результаты многолетних натурных исследований показали высокую мелиоративную эффективность вертикального дренажа в условиях сильнонапорных подземных вод Западной Ферганы, которая проявилась:

- в возможности регулирования уровня грунтовых вод в широком диапазоне - 1,7-2,18 для незасоленных, избыточно увлажненных земель Узбекского, Риштанского и Багдадского районов и 1,5-3,5 м для засоленных земель Кировского района;
- в ускорении темпов рассоления почвогрунтов и опреснении минерализации грунтовых вод на землях ОПУ за короткий срок - 2-3 года. Почвогрунты опреснены до порога токсичности солей (до 0,6-0,8 % по плотному остатку и 0,015 по иону хлора);
- в создании на орошаемых землях Западной Ферганы отрицательных водно-солевых балансов в целом по территории и в зоне аэрации с выносом солей от 1,5 до 35 т/га при промывном режиме орошения сельскохозяйственных культур;
- в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, в частности хлопчатника (прирост за 10 лет составил 1,20-1,45 т/га), и в снижении водопотребления на 10-15 %.

3. В условиях Западной Ферганы целесообразно регулирование уровня грунтовых вод, в зависимости от природно-хозяйственных условий, в следующих пределах:

- в районах избыточного увлажнения - от 1,5-2,1 м в вегетационный период и от 1,5 до 2,5 м в годовом разрезе;
- на засоленных землях - 2,2-2,5 м в вегетационный период и до 2,7-3,0 м в невегетационный.

Для обеспечения необратимого рассоления почв и опреснения грунтовых вод необходимо осуществление промывного режима орошения в годовом разрезе при следующих пределах оросительных норм (нетто):

6400-6800 м<sup>3</sup>/га в год (в том числе 1100-1500 м<sup>3</sup>/га для влажных зарядковых поливов) на незасоленных и слабозасоленных почвах; 7,7-8,3 тыс. м<sup>3</sup>/га (2500-3500 м<sup>3</sup>/га для осенне-зимних промывок) для средне- и сильнозасоленных почв; в этих случаях величина рассоляющего расхода воды составляет от 600 до 2900 м<sup>3</sup>/га, а вынос солей из зоны аэрации 2,2-15,0 т/га в год. На избыточно увлажненных землях оптимальный водный режим почв поддерживается при нормах водопотребления 4,0-5,5 тыс. м<sup>3</sup>/га в год.

В условиях староорошаемых земель, представленных в основном сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления с повышенным содержанием гипса, предельным значением токсичности может быть принят 0,8-1,0 % по содержанию плотного остатка и 0,01-0,020 - иона хлора. При опреснении почво-грунтов до порога токсичности (0,6-0,8 %) водоподачу на территорию можно установить, исходя из значения коэффициента промывного режима, полученного из соотношения  $\frac{\Sigma O_p + A}{ET}$  и равного 1,05-1,1.

4. В процессе опреснения почвогрунтов зоны аэрации, наряду с уменьшением общего содержания солей, происходят изменения и качественного состава их. Этот процесс отражается на характере опреснения почвогрунтов, грунтовых и подземных вод. Выявленная закономерность позволила установить предельное значение рассоления почв, при котором сохраняется благоприятный качественный состав солей в почвогрунтах - 0,6-0,8 % по плотному остатку.

5. Прогнозные расчеты, проведенные по результатам натурных наблюдений, показали целесообразность ликвидации внутрихозяйственных дрен и части коллекторов, при регулировании режимом работы системы СВД (увеличение, при необходимости, ее мощности) появляется возможность повысить КЗИ орошаемых земель на 5,0-6,7 %.

6. Прогноз оптимального водно-солевого режима почв, рассчитанный при среднегодовых уровнях грунтовых вод 1,5-4,0 м, показал, что для условий Западной Ферганы наиболее выгодным является гидроморфный мелиоративный режим регулируемых уровней грунтовых вод в пределах 2,5-3,0 м. При этом оптимальный водно-солевой режим почв достигается при оросительной норме 6325-6700 м<sup>3</sup>/га (нетто), а приведенные затраты по дренажу составляют 205-210 руб/га.

В случае использования на орошение откачиваемых вод с минерализацией до 3 г/л для поддержания оптимального водно-солевого режима почв необходимо на 10-23 % увеличить норму водопотребления.

Для земель, неподверженных засолению, с близким залеганием уровня грунтовых вод оптимальным оказался гидроморфный мелиоративный режим с регулированием уровня грунтовых вод в пределах 1,8-2,0 м; при этом достигается минимум затрат оросительной воды.

7. Установлены темпы засоления, приносимый ущерб сельскому хозяйству и пути его снижения в маловодные годы. Расчеты показали, что в маловодные годы при поддержании среднегодовой глубины грунтовых вод на уровне 2,40-2,50 м, при поливе пресной водой (0,5-0,7 г/л), для перехода земель из категории незасоленных (0,01-0,015 % по иону хлора от сухой массы почвы) в категорию среднезасоленных (до 0,045 %) при 90 % - ной водообеспеченности потребовалось 12 лет, а при 75 и 60 % - ной 7 и 3 года, при которых урожайность хлопка-сырца снизилась до 60-70 %. Очевидна целесообразность широкого использования откачиваемых вод из СВД и стока КДС с минерализацией до 3 г/л для покрытия дефицита оросительной воды в маловодные годы; это обеспечит минимум ущерба по урожайности сельскохозяйственных культур.

8. Для создания оптимального мелиоративного режима почв на территории Западной Ферганы необходимо организовать режим работы системы вертикального дренажа таким образом, чтобы:

- для земель, подверженных засолению, где существует открытая КДС с удельной протяженностью 40-45 м/га, КИР систем был не ниже 0,70; объем откачиваемых вод составлял 6810 м<sup>3</sup>/га с учетом сохранения только части коллекторов протяженностью около 17 м/га (40-42 % от общей протяженности КДС), которые служат для сбора и отвода дренажно-сбросных вод в водоприемник;

- для земель с избыточным увлажнением необходимо обеспечить КИР систем равным 0,71, а скважин "на воду" - 0,41. Объем откачиваемых вод составляет 6229 и 2483 м<sup>3</sup>/га соответственно по назначению дренажа - мелиоративного и на орошение, с расчетом сохранения существующего горизонтального дренажа (20-35 м/га) и поддержания его в удовлетворительном техническом состоянии. В результате обеспечивается отрицательный солевой режим.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В  
СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Производственные исследования систем вертикального дренажа в условиях Кировского района Ферганской области (соавтор А. Рустамов) - Тезисы докладов на республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов водного хозяйства. - Ташкент, 1973, с. 42-43.

2. Режим откачек из скважин вертикального дренажа в эксплуатационный период (соавторы Г.В. Еременко, А. Усманов, А. Рустамов) - Гидротехника и мелиорация, 1974, № 2, с. 75-81.

3. Итоги исследования совместной работы систем вертикального и горизонтального дренажей (соавторы Г.В. Еременко, А.У. Усманов) - В кн.: Сборник научных трудов САНИИРИ, вып. 143. Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. - Ташкент, 1974, с. 33-45.

4. Техничко-экономическая целесообразность ликвидации части горизонтального дренажа на староорошаемых землях в зоне влияния систем вертикальных скважин (соавторы Г.В. Еременко, А.У. Усманов) - Тезисы докладов на третьей всесоюзной межвузовской научной конференции по экономике эффективности капитальных вложений и финансированию ирригации. - Ташкент, 1974, с. 232-233.

5. Особенности элементов техники полива при орошении подземной водой (соавтор А. Усманов) - В кн.: Сборник научных трудов САНИИРИ, вып. 148. Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. - Ташкент, 1976, с. 48-60.

6. Исследование характера опреснения земель на фоне вертикального дренажа (соавтор А.У. Усманов) - Тезисы докладов на республиканской конференции молодых ученых и специалистов - "Актуальные проблемы в области общественных, естественных и технических наук", часть II - Ташкент, 1978, с. 316-317.

7. Использование вод, откачиваемых скважинами вертикального дренажа, на орошение староорошаемых земель Ферганской долины (соавтор А.У. Усманов) - В кн.: Сборник научных трудов САНИИРИ, вып. 160. Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. - Ташкент, 1980, с. 43-50.

8. Выбор и обоснование мелиоративного режима почв в условиях дефицита оросительной воды (соавтор А.У. Усманов) - В кн.: Сборник научных трудов САНИИРИ, вып. 166. Принципы регулирования мелиоративных режимов почв. - Ташкент, 1982, с. 10-24.

9. Изменение мелиоративного режима почв при автономном использовании дренажных вод (соавторы А.У. Усманов, М.А. Якубов) - В кн.: Сборник научных трудов САНИИРИ, вып. 166. Принципы регулирования мелиоративных режимов почв. - Ташкент, 1982, с. 24-34.

10. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель. - Ташкент, 1982, 77 с. (участие в составлении приложений I, 2, 3).