

## **2.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВЫХ РЕЖИМОВ И УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ФОНЕ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА (В НАПОРНЫХ, СУБНАПОРНЫХ И БЕЗНАПОРНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ)**

Общее положение:

В Среднеазиатских республиках (в частности, и в Узбекистане) осуществлена огромная работа по водохозяйственному строительству: создана технически совершенная оросительная система в Голодной степи; быстро идет освоение земель Каршинской, Джизакской, Сурхан-Шерабадской степей и Центральной Ферганы; Каракалпакстана и Хорезмской области и др. Крупные оросительные системы построены в Чуйской долине Кыргызстана, Вахшской долине Таджикистана, в зоне Каракумского канала Туркменистана, Арысь-Туркестанского и Кызылкумского массивов Казахстана и др.

Большие водохозяйственные работы проводятся по повышению водообеспеченности орошаемых массивов и реконструкции оросительной сети, а также мелиорации засоленных земель на основе дренажа и промывок земель. Из общей площади, обеспеченной дренажными системами (2.8 млн.га), около 400 тыс.га дренированы вертикальным дренажем, где эксплуатируется более 3.5 тыс. высокодебитных скважин.

Вертикальный дренаж нашел широкое применение в США, Индии, Пакистане, Мексике, ряда арабских и др. стран. В этих странах общая площадь развития вертикального дренажа превышает 10 млн.га, и только в Индии эксплуатируется более 12 млн.насосных колодцев.

Однако за рубежом вертикальный дренаж применяется, главным образом, как техническое средство для добычи воды на орошение, там отсутствует опыт прямого применения вертикального дренажа в целях рассоления орошаемых земель. Такое его использование требует другого подхода к проектированию, строительству, и главным образом, отработке режима эксплуатации систем.

В условиях аридных регионов большой урон сельскому хозяйству наносит вторичное засоление земель. Исследованиями ученых установлено, что вторичное засоление тесно связано с подъемом уровня грунтовых вод, происходящим при освоении и орошении земель крупных регионов, где почвогрунты первично засолены в процессе формирования четвертичных отложений из-за недостаточной естественной дренированности или бессточности территории.

В этих условиях основным средством борьбы с засолением почв является усиление дренированности территории путем строительства искусственного дренажа и проведение на его фоне промывных поливов и промывного режима орошения.

В последние 20-30 лет, в ходе производственного внедрения вертикального дренажа научно-исследовательскими институтами и проектными организациями отработывались методика расчета параметров скважин и систем, конструкция насосных колодцев и их фильтров, режим работы систем и др. вопросы. Параллельно с этим были организованы широкие производственные исследования мелиоративной эффективности скважин вертикального дренажа (СВД) в различных природно-хозяйственных условиях путем наблюдений за формированием водно-солевых режимов почвогрунтов, водно-солевых балансов территорий, почв зоны аэрации, грунтовых вод и покровного мелкозема.

Ниже приводится обобщение опытно-производственных исследований по выявлению эффективности регулирования водно-солевых режимов и мелиоративно-экологических процессов на фоне дренажа, орошения и промывок. В данном случае - на фоне вертикального дренажа.

## 2.2.1. Гидрогеолого-почвенно-мелиоративные условия опытно-производственных участков

### 2.2.1.1. Климатические условия пилотных участков вертикального дренажа

География распространения натуральных исследований по выявлению мелиоративной эффективности скважин вертикального дренажа охватывает практически все крупные геоморфолого-гидрогеолого-почвенно-мелиоративные условия бассейна Аральского моря, включающая от слабозасушливых и засушливых областей до областей недостаточного увлажнения. Соответственно по климатическим условиям рассматриваемая территория относится к полупустынной и пустынной зоне.

Величина атмосферных осадков здесь варьирует от 97-124 мм в год в Ферганской долине, до 350-383 мм в год в Чуйской долине Кыргызстана. В зимне-весенний период отмечено их максимальное выпадение, летом и осенью в большинстве территории они почти полностью отсутствуют.

Сумма эффективных температур колеблется от 3600°C в Чуйской долине Кыргызстана до 5500-6000°C в Вахшской долине Таджикистана.

В Ферганской долине, Голодной степи и Южном Казахстане она составляет 4000-4800°C.

Относительная влажность воздуха по зонам значительно различается и составляет от 44 до 75 %.

В условиях недостаточного увлажнения территории, при большой сухости воздуха и усиленных ветров в летний период, которые обуславливают сильное испарение влаги с поверхности почвы, испаряемость достигает 1100-1700 мм в год в Ферганской долине и Голодной степи до 2075 мм в Бухарской области, что в 4-17 раз превышает сумму выпадающих осадков.

Коэффициент увлажнения (отношение суммы осадков к сумме испаряемости) в бассейне Аральского моря составляет 0.06-0.33, что характеризует данную территорию как засушливую и очень сухую.

Климатические характеристики представленных пилотных ОПУ приведены в приложении 2.2.

### 2.2.1.2. Геоморфолого-гидрогеологические условия

Геоморфологические особенности территории определяют степень расчлененности рельефа, его уклоны, литологическое строение толщи активного водообмена и, как следствие этого, условия формирования подземных вод, степень их естественной дренированности, минерализации и химический состав.

Геоморфолого-гидрогеологические характеристики объектов исследований вертикального дренажа приведены в приложении 2.3.

В условиях Чуйской долины Кыргызстана геоморфология представлена слабонаклонной пролювиальной равниной, нарушенной балками и широкими логами, являющимися продолжением речных долин предгорного шлейфа, а уклоны местности составляют 0.004-0.04. По гидрогеологическим условиям грунтовые воды заложены не глубоко - от 0 до 5 м. Минерализация грунтовых вод варьируется в пределах 3-5 г/л, а напорных подземных вод ( $\Delta h = + 1$  м) 0.5-1.0 г/л.

В Ферганской долине можно выделить следующие геоморфологические районы: а) периферийные части конусов выноса, сложенные глинистыми и суглинистыми наносами с прослоями супесей и песков; б) межконусные понижения; в) аллювиальная долина реки Сырдарьи. Здесь уклоны составляют от 0.0015 до 0.04, а рельеф - слабоволнистая, покатая или холмистая равнина.

Литология представлена двух- и многослойными породами с мощностью покровного мелкозема от 6 до 18 м в Западной Фергане и от 20 до 50 м в Кувинском районе. Минерализация грунтовых вод колеблется в широких диапазонах от 3-5 до 10 г/л; подземные напорные воды обычно превышают над уровнем грунтовых вод ( $\Delta h = + 0.5 - 1.0$ ) и имеют невысокую минерализацию от 0.5 до 1.0 г/л, редко 2.0 г/л.

Территория Голодной степи в геоморфологическом отношении представлена: в Южной части подгорными шлейфами Туркестанского хребта, древними субэральными дельтами конусов выноса рек и саев, озерно-пролювиальной равниной центральной части массива, а в северо-восточной и северо-западной частях аллювиальными отложениями современной долиной р.Сырдарьи. Уклоны местности здесь колеблются от 0.0001 до 0.006.

Территория Голодной степи отличается большой мощностью покровного мелкозема - от 15 до 40 м, в северо-восточной и северо-западной частях, ниже которого залегает переслаивающаяся толща песчано-гравийных отложений. В пойменной зоне реки Сырдарьи. Мощность покровного мелкозема изменяется от 3 до 10 м. Мелкозем состоит из двух- и многослойных пород, представленных суглинистыми и глинистыми почвогрунтами с прослойками песка, супесей и глин. Южная и юго-западная часть Голодной степи представлены, в основном, однослойными отложениями, мощность которых достигает от 150 до 400 м.

Уровни грунтовых вод (УГВ) на отдельных массивах до освоения находились глубоко - от 10 до 15 м и глубже; в процессе развития орошения УГВ стали подниматься и на недренированных землях залегали на глубине всего 0.5-1.5 м от поверхности земли. Минерализация грунтовых вод колеблется от 1.5-3.0 г/л до 10-50 г/л в зависимости от засоленности почвогрунтов покровного мелкозема.

Минерализация подземных вод колеблется от 0.7-1.0 до 18-20 г/л.

Кызылкумский массив развития вертикального дренажа, расположенный в начале низовьев реки Сырдарьи, представлен плоской аллювиальной равниной с уклонами местности 0.0002-0.0005. Литология характеризуется двухслойной толщиной четвертичного возраста с мощностью покровного мелкозема от 0.1 до 11 м, состоящей из песчаных, супесчаных и суглинистых грунтов, ниже которой залегает переслаивающийся водоносный пласт, сложенный из тонкозернистого и мелкозернистого песков. Уровни грунтовых вод до освоения также залегали глубоко  $> 10$  м, а с развитием орошения и особенно под рисовой культурой стали подниматься. В современных условиях УГВ изменяются в пределах 1.5-3 м от поверхности земли. Минерализация грунтовых вод невысокая - от 1.2 до 3.8 г/л.

В бассейне р.Амударьи - ОПУ вертикального дренажа расположен в Вахшской долине. В геоморфологическом отношении он представляет третью аллювиальную

террасу р.Вахш. Рельеф - чашевидный с уклонами от 0.0017 до 0.01. Литология представлена двухслойным комплексом с мощностью мелкозема 6-7 м, подстилаемого гравийно-галечниковыми отложениями. Преобладающая исходная глубина залегания УГВ 0.5-3.0 м. Минерализация грунтовых вод в юго-западной части очень высокая - до 50 г/л, а около каналов 3-5 г/л. Минерализация напорных ( $\Delta h = + 0.2-0.6$  м) подземных (и откачиваемых) вод также повышенная - 8-10 г/л.

Объекты вертикального дренажа в среднем течении р.Амударьи - Бухарской области расположены на второй и третьей аллювиальной террасе р.Зарафшан; рельеф - равнинный с уклонами местности 0.0005-0.0006.

Литология представлена двухслойными породами, мощность мелкозема 4-15 м состоит он из хорошо проницаемых грунтов с  $K_f = 0.5-4.0$  м/сут.

Глубина грунтовых вод 2-3 м, в мелкоземах они имеют минерализацию 2-5, 5-10, редко 20-40 г/л. Подземные воды в галечниках слабоминерализованы - 0.8-2.0 г/л, а в песчаниках соленые - 9-15 г/л и более.

Таким образом геоморфологические, гидрогеологические, литологические условия рассматриваемых территорий были благоприятными для применения вертикального дренажа.

### 2.2.1.3. Почвенно-мелиоративная характеристика

Почвенно-мелиоративные условия объектов вертикального дренажа в верховьях р.Сырдарьи - Чуйской долине Кыргызстана характеризуются луговым и сероземно-луговым типами почв. По степени засоления почвогрунты отличаются разнообразием засоления - от слабо до сильнозасоленных в комплексе с пятнами солончаков; тип засоления сульфатно-натриево-кальциевый. Местами встречаются следы соды. Засоление в основном поверхностное, с содержанием легкорастворимых солей - 0.5-1.5 %. Объемный вес почв колеблется в пределах 1.2-1.58 г/см<sup>3</sup>. Приложение 2.4.

В Ферганской долине почвогрунты покровного мелкозема сложены из суглинков - легких, средних и тяжелых, заполненных песчаными и супесчаными прослойками. Почвы обладают хорошими водно-физическими свойствами - коэффициент водоотдачи колеблется от 0.11 до 0.19. Объемный вес - от 1.4 до 1.56 г/см<sup>3</sup>, удельный вес 2.60-2.72 г/см<sup>3</sup>. Коэффициент солеотдачи равен 0.72-1.12.

Легкорастворимые соли в почвах сосредоточены в основном в зоне аэрации, что обычно характерно для зон с напорной подземной водой. Содержание плотного остатка колеблется от 0.3-0.5 до 1.5-2.0%, иона хлора от 0.010 до 0.05 %. По типу засоления почвы относятся к сульфатному или сульфатно-хлоридному.

По сложности рассоления почвы покровного мелкозема территория опытных участков относится к простой категории.

В условиях среднего течения р.Сырдарьи - Голодной степи почвы представлены супесями, легкими, средними и тяжелыми суглинками. Здесь натурными исследованиями и изысканиями распределения запасов солей в 20-30 метровой толще почвогрунтов установлено, что в естественных условиях в орошаемых зонах в зависимости от их геоморфолого-гидрогеологических особенностей формируется несколько типов солевых профилей:

1. Незасоленный от дневной поверхности на всю зону четвертичных отложений. Характерен для хорошодренированных территорий (верхняя часть конусов-выноса, предгорья, верхняя терраса рек и др.);

2. Незасоленный в верхних почвенных горизонтах до глубины 1-1.5 метра (глубокосолончаковатый, глубокосолончаковый) с нарастанием содержания солей вниз

по профилю. Такой солевой профиль формируется на равнинных слабодренированных территориях при глубоком залегании уровня минерализованных грунтовых вод.

3. Сильно засоленный с поверхности земли на глубину до 3-4 м с резким снижением легкорастворимых солей ниже этого слоя. Формируется в районах, где территория слабо дренирована при относительно близком залегании грунтовых вод (3-3.5 м) с напорным их питанием (500-1000 м<sup>3</sup>/га в год);

4. Равномерно средне- сильнозасоленный в верхней 30 м толще четвертичных отложений. Формируется в зонах вклинивания грунтовых вод и бессточных районах, представленных слабопроницаемыми мелкоземистыми отложениями с близким залеганием грунтовых вод (3-3.5 м);

5. Сильнозасоленный в верхних горизонтах (до 1.5-2 м) с более высоким содержанием запасов солей в нижних слоях. Характерен на дренированных равнинных территориях при близком залегании грунтовых вод (2-3 м) с утяжеленными почвогрунтами вниз по профилю;

6. По профилю слабо и местами сильно засоленный в верхних горизонтах (0.5-1.0 м) с резким уменьшением запасов солей в нижних горизонтах. Формируется в условиях слабого подземного оттока с близким залеганием грунтовых вод при отсутствии подземного притока;

7. Чередование сильно и средnezасоленных солевых профилей с незасоленными и слабозасоленными. Такой тип профилей формируется в слабодренированных районах представленных слоистыми отложениями (наибольшие запасы приходятся на грунты с тяжелым и наименьшие с легким механическим составом).

На основании натуральных исследований распределения запасов солей, качественного и количественного анализа природных условий в пределах равнинной части Голодной степи выделены 10 районов (5 в области пролювиально-аллювиальных и 5 в области аллювиально-пролювиальных отложений), отличающихся друг от друга солевыми профилями на 20-30 м толщи и составом солей.

Первый район площадью 58200 га, расположен в пределах второй террасы Сырдарьи, представлен легкими и средними суглинками мощностью 10-15 м. Район представлен 6 типами солевого профиля. Засоленность почвенного профиля от слабой до средней, а ниже содержание солей на всю глубину мелкозема - незначительное.

Общие запасы солей невелики и составляют всего 890 т/га на 20-метровую толщу, из них хлора - 45, сульфатов - 408 т/га. Тип засоления хлоридно-сульфатный до сульфатного.

Грунтовые воды слабоминерализованные от 1.2 до 5 г/л. При развитии орошения дренирования не наблюдается значительного роста минерализации дренажного стока.

Второй район - площадью 74800 га представлен 1 типом солевого профиля и охватывает на юге водораздельную часть Джизакского конуса-выноса, на западе сливается с предкзылкумской равниной, а северная и северо-восточная окраина представляют собой пролювиально-аллювиальные равнины рек Санзар и Зааминсу.

Почвогрунты сложены супесью или легким суглинком мощностью 2-3 м. Грунтовые воды до орошения залегали на глубине 10-20 м и не участвовали в почвообразовательном процессе (зона глубокого погружения). Почвогрунты на всю глубину слабозасоленные. Верхняя 1-2 метровая (иногда 4-5 м) толща опреснена до 0.1-0.2 %, глубже содержание солей доходит до 0.5-0.7 %. Тип засоления сульфатный, иногда - хлоридно-сульфатный.

Минерализация грунтовых вод, вскрытых на глубине 10-20 м от 6-8 г/л (хлоридно-сульфатные) до 14.7 г/л ближе к Арнасайскому понижению (сульфатно-хлоридный тип). При развитии орошения неблагоприятный солевой режим

наблюдается локально и особо сложных мероприятий и дренирования территории не требуется.

Третий район площадью 160800 га представлен 4 типами солевого профиля, охватывает обширную водораздельную часть третьей террасы Сырдарьи и представлен двух- и многослойными отложениями, мощностью 10-30 м. Основная масса солей распределена до глубины 12-14 м более-менее равномерно и колеблется от 0.5-0.6 % до 0.8-1.0 % по плотному остатку. С глубиной их содержание резко снижается. Общие запасы солей в 20 м толще 1436-1498 т/га по плотному остатку, 80-102 т/га по хлору и 700-780 т/га по сульфатам. Тип засоления - хлоридно-сульфатный, местами - сульфатный.

Минерализация грунтовых вод в повышенных частях рельефа 2.5-7.0 г/л, в понижениях 9.5-14 г/л. При развитии орошения в формировании солевого режима почв и минерализации дренажного стока участвуют запасы солей, содержащиеся в толще до 20-30 м.

Четвертый район площадью 34400 га и представлен 3 типами солевого профиля он расположен в пределах Шурузьякского понижения, сложен двухслойными отложениями с поверхности до 20-30 м покровным мелкоземом ( $K_{\phi} = 0.07-0.1$  м/сутки), подстилаемым песчано-гравелисто-галечниковой толщей.

Минерализация грунтовых вод составляет 4-8 г/л на орошаемых и 20-40 г/л на неорошаемых землях; а подземных вод 1.3-1.9 г/л. Запасы солей в верхнем 5 метровом слое составляют 700-750 т/га (55 %), в то время как во всей толще содержится всего 1300 т/га. Тип засоления - хлоридно-сульфатный, в пониженных частях рельефа до сульфатно-хлоридного. В процессе орошения в формировании водно-солевого режима и дренажного стока участвуют запасы солей покровного мелкозема.

Пятый район площадью 55280 га представлен узкой полосой вдоль ЮГК в пределах Зааминского конуса-выноса. В литологическом отношении он сложен пролювиально-аллювиальными отложениями с легкими и средними суглинками мощностью от 10-25 м до 45 м.

Характерной особенностью засоления массива является наличие растянутого до глубины 4-5 м солевого максимума в зоне аэрации с плотным остатком 1.5-2.0 % и хлор-иону 0.06-0.12 %. Ниже профиль несколько опреснен до 0.2-0.3 %, что объясняется выщелачивающим действием восходящего потока подземных вод. Тип засоления сульфатный, к северу меняется до хлоридно-сульфатного. Запасы солей в верхнем 0-5 м слое до 1025 т/га, а во всей толще 0-20 м 1820 т/га, т.е. большие запасы приурочены к верхним горизонтам.

Минерализация грунтовых вод от 5 до 15 г/л. В процессе развития орошения в формировании водно-солевого режима почв и дренажного стока участвует вся толща четвертичных отложений.

Шестой район - площадью 31000 га расположен в переходной зоне от эфемеровых степей к песчаной пустыне Кызылкум. Сложен супесями мощностью 3-15 м, ниже - переслаиваниями суглинков, песков, глин. Представлен 6 типами солевого профиля. Максимум солей приходится на зону капиллярной каймы грунтовых вод на глубине от 0.5-1.0 м до 4-5 м, где сумма солей изменяется от 0.8-1.2 до 2.5 % по плотному остатку, 0.05-0.12 %; по хлору и 0.6-1.4 % по сульфату.

Общие запасы солей в 20 м толще составляют 1755 т/га, из них в верхнем слое (до 5 м) содержится 816 т/га. Тип засоления сульфатный в верхнем и хлоридно-сульфатный в нижнем горизонтах.

Минерализация грунтовых вод от 5 до 30 г/л. Тип - хлоридно-сульфатный.

Седьмой район площадью 135800 га представлен 2 типами солевого профиля, охватывает обширную центральную часть Голодной степи, примыкающую к

центральному Голодностепскому коллектору, сложен пролювиально-аллювиальными отложениями (с переслаиваниями суглинков). Верхний 0.8-2 метровый слой почв опреснен до 0.15-0.3 % по плотному остатку, глубже засоление резко возрастает и во всей 20 м толще составляет 0.8-1.8 %. Тип засоления верхнего опресненного слоя - сульфатный, ниже - хлоридно-сульфатный.

Минерализация грунтовых вод высокая - от 18 до 36 г/л и более, тип - хлоридно-сульфатный и при орошении создает неблагоприятный мелиоративный режим почв.

Восьмой район площадью 24320 га, сложенный 4 типами солевого профиля, занимает периферийную часть межконусного понижения Джизакского и Зааминского конусов выноса. Наблюдается сильное засоление почв по всей 20 м толще. Величина плотного остатка 2-3 %, хлора 0.2-0.8 %. С глубиной содержание солей несколько снижается и составляет по плотному остатку 1.5-1.8 %, а по хлору 0.2-0.4 %. Общие запасы солей по всей толще (0-20 м) составляют 3705 т/га. Минерализация грунтовых вод от 10-20 до 50 г/л, по типу от сульфатно-хлоридного на юге до хлоридно-сульфатного на севере и при орошении формируется очень неблагоприятный мелиоративный режим.

Девятый район площадью 88.2 тыс.га с солевым профилем 4 типов расположен в пределах Джетысай-Сардоба и Кара-Карайской впадины. Представлен пролювиально-аллювиальными и аллювиальными отложениями. Почвы относятся к солончакам и солончаковым разностям. Засоленность очень высокая - по плотному остатку 2-4 %, хлору 0.4-0.6 %, сульфатам - 0.8-1.0 %.

Запасы легкорастворимых солей достигают 4800 т/га в центральной и юго-восточной части, а в северо-западном направлении снижаются до 2300-2500 т/га. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Здесь в формировании водно-солевого режима и дренажного стока участвует вся масса солей, содержащаяся в покровном мелкозем.

Десятый район площадью 55080 га, представленный 2 типами солевого профиля, расположен в пределах пойменной части Сырдарьи и сложен с поверхности покровными мелкоземами мощностью от 1 до 4-5 м, сложенными неоднородными грунтами. Тип минерализации от хлоридно-сульфатного до сульфатного. В почвогрунтах величина плотного остатка составляет 0.8-1.7 %. В верхнем 2 метровом слое содержится до 63.8 % (307 т/га) солей, в нижних горизонтах 30-35 % солей. В процессе орошения в формировании водно-солевого режима и минерализации дренажного стока участвует вся масса солей покровного мелкозема. Однако проблема управления мелиоративными процессами решается относительно легко.

В Арысь-Туркестанском массиве Чимкентской области почвогрунты покровного мелкозема по сложности рассоления относятся к простой категории. Покровный мелкозем, состоящий из супесчано-суглинистых отложений, имеет хорошую проводимость, а  $K_f$  составляют 0.2-0.8 м. Почвы в основном не засолены или слабо засолены. Легкорастворимые соли по плотному остатку имеют величину 0.2-0.3 %, реже 0.5 %. Тип засоления преимущественно хлоридно-сульфатный и сульфатный.

В бассейне Амударьи - в Вахшской долине на территории ОПУ почвы представлены ирригационными сероземами и их луговыми подвидами. До начала освоения 72 % площади занимали солончаки. По сложности рассоления они относятся к сложной категории - объемный вес увеличивается сверху вниз от 1.28 до 1.72, а удельный вес от 2.48 до 2.81 г/см<sup>3</sup>, т.е. механический состав утяжеляется. Почвы на 40 % площади гипсоносные. Содержание легкорастворимых солей по плотному остатку доходит до 3.5 %, а иона-хлора до 1.0 %. Тип засоления - хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный.

Территория ОПУ СВД в Бухарской области (среднее течение р.Амударьи) представлена покровным мелкоземом, сложенным из слоистых грунтов, легких и

средних суглинков и супесей. По сложности рассоления они относятся к сравнительно простой категории - мощность покровного мелкозема 8-15 м, а  $K_{\phi} = 0.5-1.0$  м/сут; величина водоотдачи высокая -  $M = 0.1-0.12$ , а коэффициент солеотдачи  $L = 0.75-1.5$ . Засоление почв поверхностное: легкорастворимые соли находятся в основном в активной зоне - 0.5-1.0 м. Тип засоления - сульфатный, сульфатно-хлоридный. Величина плотного остатка 1.2-2.2 %, а иона хлора 0.1-0.12 %.

Приведенные данные показывают, что почвенно-мелиоративные условия объектов распространения СВД значительно отличаются по сложности рассоления почвогрунтов покровного мелкозема. Встречаются все категории - от простых до сложных и весьма сложных по условиям их рассоления.

## 2.2.2. Ирригационно-хозяйственные характеристики ОПУ

Характеристика оросительной сети и существующей коллекторно-дренажной системы (КДС) по всем пилотным участкам и крупным системам приведена в Приложении 3.2.

Данные таблицы показывают, что площади проведения исследований значительно отличаются друг от друга: в случае опытно-производственных исследований площади изменялись от 50 до 3000 га. Производственные исследования охватывали от 12.000 до 157.0 тыс.га, а при региональных же исследованиях эффективности СВД она изменялась от 660.0 до 937.0 тыс.га.

Оросительная сеть на рассматриваемых объектах, в основном, выполнена в земляном русле. Удельная протяженность каналов и внутрихозяйственной оросительной сети составляет от 16 до 30 м/га. Более высокие КПД имеют внутрихозяйственные оросители - в пределах 0.75-0.98, а КПД системы составляет 0.6-0.75.

Коллекторно-дренажная сеть, представленная открытыми и закрытыми горизонтальными дренами, на ОПУ имели удельную протяженность от 8-10 (Голодностепские, Кзылкумские объекты СВД и объекты Чуйской долины) до 25-45 м/га (объекты СВД Ферганской и Вахшской долины). Глубина дрен от 1.5 до 3.0 м, коллекторов до 4.0 м. Междренные расстояния составляли от 200 до 600 м.

В большинстве ОПУ модули горизонтальных дрен колебались от 0.012 до 0.05 л/с.га, а дренажный сток 390-1500 м<sup>3</sup>/га в год, который не обеспечивал необходимые темпы регулирования уровней грунтовых вод (УГВ) и отвода солей с территории. Водно-солевые балансы на этих ОПУ до строительства СВД, как правило, складывались по типу накопления солей.

На отдельных ОПУ, как ОПУ в Бешарыкском районе Ферганской долины Узбекистана (ОПУ 02.24), в Вахшской долине Таджикистана (ОПУ 02.1. Тадж.) удельная протяженность горизонтальной КДС была доведена до 40-45 м/га. Но в связи с наличием большого подземного притока со стороны (3000-12000 м<sup>3</sup>/га) он не обеспечивал своевременного их отвода и соответственно регулирования УГВ и водно-воздушного, питательного режима зоны аэрации. И хотя на некоторых из этих участков обеспечивался отрицательный водно-солевой баланс, темпы выноса солей были очень низкими - 3-4 т/га в год, что также не отвечало требованиям мелиоративного благополучия земель.



### 2.2.3. Конструктивные параметры и технические характеристики скважин вертикального дренажа, эксплуатируемых на ОПУ

Каждую скважину вертикального дренажа следует рассматривать как узловой элемент гидромелиоративной системы, представляющий достаточно сложное гидротехническое сооружение. Оно состоит из водозаборной подземной части и комплекса наземных сооружений, обеспечивающих нормальную эксплуатацию подземного водозабора и отвод извлекаемой воды по назначению. Подземное водозаборное сооружение имеет следующие конструктивные элементы:

- водоприемник, отбирающий воду; в качестве водоприемника используется обычно - гравийно-песчаная обсыпка, которая работает в контакте с грунтом водоносного пласта;
- обсадная колонна фильтрового каркаса, по которой транспортируется вода, поступившая через водоприемник;
- насосно-силовое оборудование;
- датчик уровня воды.

Очень важным элементом скважин в водоприемной части является фильтр и особенно правильный его подбор. Выбор конструкции фильтра зависит от литологического строения территории (гранулометрического состава и мощности водоносного пласта), хозяйственного значения скважин, величины водозабора и др.

В крупнообломочных породах, а также в гравелисто-песчаных грунтах применяют наиболее простую конструкцию фильтра - перфорированную трубу с щелевыми или круглыми отверстиями. В этих условиях в процессе строительной откачки и эксплуатации формируется естественный гравийный фильтр из грунта водоносного пласта. Поэтому для уменьшения потерь напора при входе воды в каркас необходимо подобрать скважность, размеры и форму отверстия фильтрового каркаса в зависимости от фракционного состава грунта водоносного пласта.

Если скважины заложены в мелкозернистых породах, для предотвращения суффозии применяют фильтры более сложных конструкций, то есть, кроме перфорированной трубы, используют искусственные фильтры: гравийную засыпку, блочные пористые фильтры и др. Чем больше грунты водоносного пласта содержат мелкозернистых фракций, тем сложнее конструкции и серьезнее требования, предъявляемые к фильтрам скважин. На всех опытных участках скважины построены гравийно-песчаными фильтрами с использованием металлических труб диаметром 326-429 мм.

Вертикальный дренаж нашел широкое применение в зонах интенсивного подземного притока или выклинивания грунтовых вод, где прежде горизонтальный дренаж не обеспечивал сработку грунтовых вод.

Конструктивные параметры и технические характеристики скважин вертикального дренажа, построенных и эксплуатируемых в различных зонах Центральноазиатских республик, приведены в прилож.3.3.

Данные Приложения 3.3 показывают, что в верхнем течении р.Сырдарьи скважины вертикального дренажа (СВД) эксплуатируются в Чуйской долине Кыргызстана (индекс ОПУ 02.1. Кырг.), а на территории Узбекистана - в пределах Ферганской долины. В этих районах СВД построены в зонах интенсивного подземного притока с близким залеганием уровня слабоминерализованных вод. Пьезометрические уровни напорных вод здесь, как правило, находятся выше уровня грунтовых вод, иногда и выше поверхности земли (к примеру ОПУ в Панфиловском районе Чуйской области Кыргызстана и ОПУ в Кувинском районе Ферганской области Узбекистана). В Бешарыкском районе же Ферганской области (ОПУ 02.24.Уз. и 02.33.Уз.) системы СВД

построены в зоне интенсивного выклинивания грунтовых вод с большим подземным притоком со стороны.

Глубина построенных СВД колеблется от 20 до 70 м в Ферганской долине, до 100-110 м в Чуйской области, прилож.3.3.

Мощность каптируемого водоносного пласта составляет 15-40 м и более, и водоносный пласт в этой зоне представлен как правило гравийно-галечниковыми грунтами. Они имеют большую проводимость  $> 500 \text{ м}^2/\text{сут}$  и коэффициент фильтрации  $K_f = 25-40 \text{ м}/\text{сут}$ .

Площадь обслуживания одной скважиной в этой зоне колеблется от 30 до 115 гектаров, а количество СВД на этих ОПУ составляет от 2 до 7 шт, а в крупных системах как Кувинский район Ферганской области - 230 шт. Дебиты скважин составляют от 10 до 70 л/сек при коэффициенте полезной работы (КПР) от 0.5 до 0.7. Объем откачек подземных вод на этих ОПУ составлял от 210-420  $\text{м}^3/\text{га}$  в Чуйской долине, до 4100-7880  $\text{м}^3/\text{га}$  в Кувинском и Бешарыкском районах Узбекистана (ОПУ 02.17 и 02.24. Уз.).

Минерализация откачиваемых вод на ОПУ, расположенных в верховьях р.Сырдарьи, как правило не превышает 0.3-1.6 г/л, и редко достигает до 2.5 г/л, прилож.3.3.

В среднем течении р.Сырдарьи системы СВД представлены на примере ОПУ, построенных в пределах Голодной степи - Сырдарьинской области Узбекистана, в Кировском, Джетысайском, Пахтааральском, а также Арысь-Туркестанском и Бугуньском районах Чимкентской области Казахстана, прилож.3.3. Площади ОПУ, где проведены исследования по эффективности СВД, составляют от 8 до 13000 га, а крупных систем - до 400.0 тыс.га. Количество эксплуатируемых скважин на этих ОПУ колеблется от 5 до 1794 шт. Глубина скважин от 25 до 100 м, длина фильтров скважин от 10 до 40 м. Фильтры состоят из дырчатых или щелевых труб с гравийной или песчано-гравийной обсыпкой.

Отличительной чертой ОПУ СВД, построенных в Голодной степи, является большая мощность покровного мелкозема - 15-40 м, который обладает слабой водопроницаемостью ( $K_f = 0.03-0.15 \text{ м}/\text{сут}$ ), из-за чего гидравлическая связь с между каптируемым пластом и покровным мелкоземом замедленная  $W = 0.002-0.0625 \text{ м}/\text{сут}$ .

Водоносный комплекс представлен двух- и многослойными отложениями, мощность которых достигает от 15 до 100 м, и сложены они песками, гравием.

На ОПУ, в зависимости от литологического строения, проводимости водоносного комплекса и конструкции фильтров, формировались различные дебиты скважин. Самый высокий дебит (150-200 л/с и более) был достигнут на ОПУ совхоза "50 лет Узбекистана" (ОПУ 02.19. Уз.) Сырдарьинской области, где проводимость водоносного пласта превышает 1500-2000  $\text{м}^2/\text{сут}$ , диаметр скважины составлял от 700 до 900 мм, а длина фильтра - 25-40 м.

Общий объем откачиваемых вод по Голодной степи составлял от 1400 до 8800  $\text{м}^3/\text{га}$  в год в зависимости от коэффициента полезной работы.

Дренажные модули СВД колебались в пределах 0.04-0.28 л/с.га. Минерализация откачиваемых вод изменяется от 0.3 до 18.0 г/л, а в подавляющем большинстве случаев от 1.0 до 6.0 г/л.

В Арысь-Туркестанском массиве Чимкентской области (Арысский, Бугуньский и Туркестанские районы) Южного Казахстана общее количество СВД составляет 504 шт, а на опытных участках, представляющих этот массив, число скважин от 5 до 60 шт. Обслуживаемая одной скважиной площадь варьирует от 100 до 200 га. Глубина СВД здесь составляет 25-45 м, а длина фильтров 15-18 м; которые обсыпаны гравийно-песчаным составом.

Мощность покровного мелкозема составляет здесь 10-30 м, а водоносного горизонта 10-50 м, которые состоят из гравийно-галечниковых отложений с коэффициентом фильтрации 20-400 м/сутю

Дебиты скважин на Арысь-Туркестанском массиве изменяются от 20 до 59 л/с, а удельные дебиты от 2 до 4 л/с.м. Объемы откачек подземных вод массива изменяются в пределах 1300-4000 м<sup>3</sup>/га в год, а среднегодовые дренажные модули 0.04-0.13 л/с.га. Минерализация откачиваемых подземных вод изменяется от 0.5-1.5 и редко до 2.0 г/л и СВД помогают решить проблему водообеспеченности территории за счет использования откачиваемых вод.

В низовьях Сырдарьи - в Кзылкумском массиве - четвертичные отложения представлены с поверхности маломощными (0.5-10 м) покровными отложениями с  $K_f = 0.3-0.4$  м/сут.

Водоносные горизонты представлены песками - от пылеватых до среднезернистых. Мощность водовмещающих пород в массиве изменяется от 21-36 м у реки до 117-176 м в западной части.

Всего на Кзылкумском массиве построено 275 скважин вертикального дренажа глубиной 37-59 м, с гравийно-песчаными фильтрами. Диаметр бурения 1016 мм, длина фильтра 10-27 м. Дебит скважин 35-60 л/сек, а удельные дебиты 1.8-5.6 л/с.м. На рассматриваемых ОПУ число скважин колеблется от 6 до 8 шт, а по массиву 208 шт, площадь обслуживания одной скважины составляет 80-370 га.

Дренажные модули СВД изменяются в пределах 0.06-0.20 в хлопкосеющих совхозах и до 0.24-0.290 л/с.га в рисовых совхозах. Объемы откачек в годовом разрезе составляли от 1800 до 11700 м<sup>3</sup>/га в зависимости от направленности хозяйств, а КПР равнялся 0.19-0.48 (среднегодовой) при максимуме 0.52-0.9 в июне-августе. Такой режим был задан хозяйствами в целях использования откачиваемых вод на орошение. Минерализация подземных откачиваемых вод на массиве невысокая и колеблется от 0.8 до 1.5 г/л, редко встречаются до 3 г/л.

Особенностью режима работы СВД в условиях двухслойной толщи с малой мощностью покровного мелкозема (0.5-11 м) является то, что необходимо поддерживать уровни грунтовых вод на такой глубине, которая исключала бы иссушение верхних слоев почвы.

### **СВД в бассейне р.Амударьи**

По бассейну Амударьи представлены результаты исследований по трем ОПУ СВД. Из них 1 - в верховьях Амударьи - Вахшской долине и 2 - в среднем течении - Бухарской области Узбекистана.

В долине р.Вахш территория ОПУ СВД представляет собой в литологическом строении двухслойный комплекс: сверху покровный мелкозем мощностью 6-7 м с  $K_f = 0.025-1.0$  м/сут и снизу галечниковая толща мощностью более 100 м с песчаным заполнителем с  $K_f = 10-20$  м/сут. Напорность подземных вод составляет 0.2-0.6 м. Количество скважин на ОПУ в Таджикистане - 3 шт, глубина до 51 м. Площадь обслуживаемая одной скважиной - 130 га. Дебит скважин составил 36-68 л/с. Дренажные модули СВД изменялись от 0.28 до 0.52 л/с.га, а объем годовой откачки подземных вод 8890-16400 м<sup>3</sup>/га - при продолжительности работы скважин от 68 до 205 суток. Напорный приток из галечниковых горизонтов на ОПУ составил от 8460 до 12560 м<sup>3</sup>/га в год. Минерализация откачиваемых вод характеризуется повышенной засоленностью - от 4 до 10.4 г/л по плотному остатку.

В среднем течении - Бухарской области площадь внедрения СВД в дельте Зарафшана составляет 52 тыс.га, а число СВД 232 шт. Из них в Каганском районе построено 127 скважин на площади 21500 га. Данная зона внедрения СВД отличается двухслойной толщей: сверху маломощным мелкоземом от 4 до 15 м, подстилаемым гравийно-галечниковыми породами с  $K_{\phi} = 40-45$  м/сут. Водоносный комплекс безнапорный или субнапорный. Глубина построенных СВД от 20 до 45 м; мощность каптируемого пласта сильно колеблется и составляет от 1.8 до 45 м. Длина щелевых или дырчатых фильтров равняется 8-10 м, которые имеют гравийную обсыпку. Дебиты скважин изменяются в пределах 5-120 л/с, а удельные значения 3.0-13 л/с.м.

Объемы откачек подземных вод в годовом цикле изменялись от 2000 до 4800 м<sup>3</sup>/га. В последние годы объем откачек снизился до 1000-1200 м<sup>3</sup>/га.

В таблице 2.5. приведены обобщенные технические характеристики СВД по характерным ОПУ по разным водохозяйственным зонам бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи.

#### 2.2.4. Формирование общего и частных водно-солевых балансов орошаемых земель на фоне вертикального дренажа на ОПУ и крупных орошаемых массивах

Анализ водно-солевых балансов позволяет выявить направление мелиоративных процессов (рассоление или засоление), установить общие количественные изменения показателей за определенный период, а также основные факторы, их обуславливающие.

Основные уравнения общих и частных водно-солевых балансов общеизвестны по литературным источникам (С.Ф.Аверьянов и др.). В общем виде для орошаемых зон оборудованных горизонтальным и вертикальным дренажем эти уравнения имеют вид:

а) общий водно-солевой баланс:

$$\Delta W = W_{\kappa} - W_{\text{н}} = O_{\text{с}} + B + \Phi_{\text{МК}} + B_{\text{КДС}} + B_{\text{ВД}} + \Pi - Q - E_{\text{TВ}} - C_{\text{П}} - C_{\text{З}} - D_{\text{Г}} - D_{\text{В}} \pm P, \text{ м}^3/\text{га}$$

$$\Delta C = C_{\text{В}} + C_{\text{ФМК}} + C_{\text{ВКДС}} + C_{\text{ВД}} + C_{\text{П}} - C_{\text{Q}} - C_{\text{СП}} - C_{\text{З}} - C_{\text{ДГ}} - C_{\text{ДВ}} - C_{\text{Р}}, \text{ т/га}$$

б) водно-солевой баланс зоны аэрации:

$$\Delta W_{\text{а}} = W_{\text{к}}^{\text{а}} - W_{\text{н}}^{\text{а}} = O_{\text{с}} + O_{\text{р}} + B_{\text{КДС}} + B_{\text{ВД}} + (1 - L) \Phi_{\text{ВХ}} - C_{\text{П}} - E_{\text{TП}} \pm D, \text{ м}^3/\text{га}$$

$$\Delta C_{\text{а}} = C_{\text{к}}^{\text{а}} - C_{\text{н}}^{\text{а}} = C_{\text{Ор}} + C_{\text{ВКДС}} + B_{\text{ВД}} + C(1 - L) \Phi_{\text{ВХ}} - C_{\text{СП}} \pm C_{\text{Д}}, \text{ т/га}$$

в) баланс грунтовых вод:

$$\Delta W^{\text{Г}} = \Delta h \cdot M = L_1 + \Phi_{\text{К}} + D - \Pi - Q - D_{\text{Г}} - D_{\text{В}} \pm P, \text{ м}^3/\text{га}$$

$$\Delta C_{\text{Г}} = C_1 \Phi_{\text{К}} + C_{\text{Д1}} - C_{\text{П}} - C_{\text{Q}} - C_{\text{ДГ}} - C_{\text{ДВ}} \pm C_{\text{Р}}, \text{ т/га}$$

где  $\Delta W$ ,  $\Delta C$  - общее изменение запасов влаги и солей в пределах балансового контура;  $W^H$ ,  $W^K$  - начальные и конечные запасы влаги;  $V$  - водозабор;  $\Phi_{MK}$  - потери на фильтрацию из магистрального канала;  $V_{ВД}$  - объем откачиваемых вод из СВД, использованных на орошение (если это имеет место);

$V_{КДС}$  - объем коллекторно-дренажных вод, используемых для орошения (если используется);

$\Pi$ ,  $Q$  - приток и отток подземных вод на балансовую территорию со стороны;

$E_{Тв}$ ,  $E_{Тп}$  - эвапотранспирация с территории (валовой или орошаемой);  $C_{п}$  - непроемительные сбросы воды с поверхности полей;  $C_{э}$  - организационные потери;  $D_{г}$  - отвод воды горизонтальным дренажем;  $D_{ВД}$  - объем откачек подземных вод вертикальным дренажем;  $\pm P$  - вертикальный водообмен балансового слоя с нижележащими;  $C_{в}$ ,  $C_{ф МК}$ ,  $C_{в КДС}$ ,  $C_{в ВД}$ ,  $C_{п}$ ,  $C_{о}$ ,  $C_{р}$ ,  $C_{сп}$ ,  $C_{сэ}$ ,  $C_{Дг}$ ,  $C_{Дв}$  - содержание солей в соответствующих элементах водного баланса;  $L$  - доля фильтрации из каналов, поступающих на питание грунтовых вод;  $\pm d$ ,  $C_{д}$  - водо- и солеобмен между зоной аэрации и грунтовыми водами;  $W^a_k$ ,  $W^a_n$ ,  $C^a_k$ ,  $C^a_n$ ,  $W^г$ ,  $C^г$  соответственно начальные и конечные запасы влаги и солей в зоне аэрации и грунтовых водах.

**Таблица 2.5**

Технические параметры систем вертикального дренажа на ОПУ  
расположенных в различных водохозяйственных районах  
бассейна р.Сырдарьи и Амударьи

Показатели	Опытные участки в хозяйства							
	“Чалдовар” Чуйская долина (Кыргыз- стан)	“Бешарык” Ферганская область (Узбекис- тан)	“Пахта- арал” (Голодная степь)	“50 лет Уз- бекистана” Сырдарь- инская область	Арысь-Тур- кестанский массив Чимкент. область (Казахстан)	“Достык” Кзылкумск. массив (Казахстан)	“Сафарова” Вахшская долина (Таджикис- тан)	“Бухара” Бухарская область (Узбекис- тан)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площадь, га	60	1243	11500	3000	52400	1724	400	2700
Мощность покровного мелкозема, м	14-16	8-16	15-28	18-25	0.2-20	0.2-6.0	6-7	3-11
Мощность водоносного пласта, м	16-55	13-33	15-50	50-100	54	29-72	> 100	6-25
Проводимость слоев, м <sup>2</sup> /сут, <u>покровного</u> водоносного	-	<u>4.3-5.0</u> 200-550	<u>3-3.8</u> до 1500	<u>1.5-1.8</u> 2000	-	<u>3-4</u> до 1000	-	<u>5-5.5</u> 240-1080
Количество скважин, шт	2	12	74	28	504	8	3	27
Глубина, м	105	28-50	60-75	67	30-45	40-59	-	18-45
Диаметр, мм	500	500-1000	1000	до 1000	-	1016	400	500

**Продолжение табл.2.5**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина фильтра, м	-	15-25	17-35	20-35	-	15-20	-	7-13.5
Диаметр фильтра, мм	-	429	429	429	-	426	-	429
Дебит скважины, л/с	30	25-45	55-80	100-150	35-40	25-60	36-68	25-45
Удельные дебиты, л/с.м	-	3-5	4-8	8-15	-	1.8-5.6	-	3-8
Коэффициент работы скважин (КПР)	-	0.3-0.64	0.45-0.67	0.65-0.7	0.6-0.72	0.19-0.48	-	0.28-0.75
Дренажный модуль, л/с.га	0.007-0.013	0.09-0.16	0.19-0.36	0.20-0.3	0.04-0.13	0.04-0.21	0.28-0.52	0.13-0.28
Диапазон регулирования уровня грунтовых вод, м	2-3	1.8-3.5	1.5-2.5	1.5-3.9	2-3	2-3	2.5-4.0	1.6-3.5

Методы составления расчетов водно-солевых балансов общеизвестны.

Прежде чем рассмотреть результаты фактических водно-солевых балансов по различным ОПУ, проанализируем сами условия проведения опытов на участках вертикального дренажа, поскольку исходные гидрогеолого-почвенно-мелиоративные условия объектов и направления хозяйств весьма отличаются друг от друга.

Условия проведения опытов на участках вертикального дренажа и крупных системах приведены в прилож.4.2.

Данные таблицы показывают, что площади ОПУ, где эксплуатируется вертикальный дренаж, составляют от 60 га (Кыргызстан) до 450.0 тыс.га - вся территория Голодной степи (Узбекистан). Количество скважин на этих ОПУ и крупных системах изменяется от 2 до 1800 шт.

Основной сельскохозяйственной культурой выращиваемой на этих ОПУ, является хлопчатник (до 60-80 %), на ОПУ в Чуйской долине - люцерна и кукуруза, в Кызылкумском массиве кроме хлопчатника высевалась рисовая культура.

Изучение фактического режима орошения, применяемого на исследованных участках СВД, показало следующее:

На хлопководческих полях верхнего течения р.Сырдарьи (в основном Ферганская долина) за вегетацию проводится от 4 до 7 поливов нормой 700-2500 м<sup>3</sup>/га; оросительные нормы за вегетационный период колеблются от 6500 до 9600 м<sup>3</sup>/га. На засоленных землях, как правило, проводятся ежегодные осенне-зимние промывки или весенние влагозарядковые поливы, нормой от 900 до 3000 м<sup>3</sup>/га. Годовые нормы водопоступления на орошаемое поле равны 7800-11100 м<sup>3</sup>/га.

На ОПУ в Кыргызстане (Чуйская долина), где высевалась люцерна и кукуруза, число поливов составляет 4-13, а поливные нормы изменяются в широком диапазоне от 130 до 2320 м<sup>3</sup>/га. За сезон здесь подавалось 4900-7060 м<sup>3</sup>/га воды. Общая годовая водоподача (с учетом влагозарядковых поливов) составила 6300-9200 м<sup>3</sup>/га.

Пределы регулирования влажности почв изменяются обычно от 60 до 90 % от ППВ.

В среднем течении р.Сырдарьи как на территории Узбекистана (Голодная степь), так и Казахстана режим орошения отличается меньшим количеством проводимых поливов. Число поливов на этих ОПУ обычно составляет 2-4, а поливные нормы - от 910 до 3500 м<sup>3</sup>/га. Нормы осенне-зимних промывных поливов здесь в зависимости от степени засоленности почвогрунтов изменялись от 1200 до 7800 м<sup>3</sup>/га. Общая годовая норма водоподачи варьирует в пределах 4400-13900 м<sup>3</sup>/га.

Исключение составляют рисовые поля, где в чеках держится постоянно вода, оросительные нормы составляют 20000-29000 м<sup>3</sup>/га, прилож.4.2. Аналогичный режим орошения применялся и на опытных участках, характерных для бассейна р.Амударьи, на которых и количество поливов и годовые нормы водоподачи в целом близки между собой.

### **Анализ фактических водно-солевых балансов ОПУ вертикального дренажа**

Результаты имеющихся фактических водно-солевых балансов сложившихся на различных ОПУ и системах СВД показывает следующее.

При указанных режимах орошения, промывок земель и водоотведения водно-солевые балансы ОПУ имеют в подавляющем большинстве случаев рассолительную направленность, прилож.7.



В приходной части водного и солевого баланса основную роль играет водоподача на орошаемое поле, составляющая до 90 % от суммы прихода. Доля атмосферных осадков в целом она была не больше 10-20 %.

Характерной чертой для верхнего течения р.Сырдарьи является то, что на ОПУ, расположенных в Ферганской долине (индекс ОПУ 02.17, 02.24, 02.33. Уз.), существует подземный приток напорных и грунтовых вод в довольно большом количестве - от 3.5 до 4.72 тыс.м<sup>3</sup>/га в год. Большой приток подземных вод наблюдается и на ОПУ расположенном в Вахшской долине - до 10.4 тыс.м<sup>3</sup>/га.

В расходной части баланса обычно основное место принадлежит суммарному испарению, величина которого в условиях аридной зоны колебалась в зависимости от глубины грунтовых вод от 5780 до 9100 м<sup>3</sup>/га на хлопковых полях и до 13780 м<sup>3</sup>/га в год на рисовых системах, расположенных на Кзылкумском массиве (Казахстан, ОПУ - 02.3. Каз.).

Второе место в расходной части баланса принадлежит обычно дренажному стоку, отводимому вертикальным и горизонтальным дренажем. Величина дренажного стока колеблется от 1400 до 8470 м<sup>3</sup>/га, а на рисовых системах до 11600 м<sup>3</sup>/га.

В условиях Вахшской долины (Таджикистан - ОПУ 02.1. Тадж.) величина дренажного стока доходит до 15290 м<sup>3</sup>/га в год в результате притока подземных вод. Подземный отток на этом ОПУ занимает 14-15 % расходной части.

Анализ соотношений приходных и расходных элементов водного баланса по всем ОПУ показывает, что на всех ОПУ поддерживался промывной режим орошения. Отношение водоподачи вместе с осадками ( $B + O_c$ ) к суммарному испарению (ET) везде было больше единицы: от 1.1 до 1.35, а на рисовых системах доходило до 2.65.

Отношение дренажного стока к суммарной водоподаче колебалось ( $D_p / B + O_c$ ) обычно от 0.18 до 0.56 на хлопковых полях.

Исключение составляют ОПУ в Таджикистане, где величина суммарного отвода дренажного стока превышает водоподачу (отношение  $D_p : \sum B > 1.08$ ), что проявляется за счет большого притока подземных вод.

Водные балансы показывают, что вертикальный дренаж позволил на засоленных землях региона в годовом цикле поддерживать промывной режим орошения, а на избыточно увлажненных землях своевременно отвести грунтовые воды и обеспечить оптимальный водно-солевой, пищевой и питательный режим.

Особенно благоприятные условия обеспечивались в зоне аэрации орошаемого поля. Если до ввода СВД на большинстве ОПУ из-за близкого залегания минерализованных грунтовых вод при недостаточной эффективности горизонтального дренажа в корнеобитаемой зоне складывался положительный баланс с приходом солей из грунтовых вод, то строительство и нормальная эксплуатация СВД обеспечило отток влаги и солей из зоны аэрации в нижние горизонты. Величина нисходящего стока вод из зоны аэрации (- д) в нижние слои составляет от 10 до 1040 (02.02.Каз.) и от 0 до 5670-6620 м<sup>3</sup>/га (инд.02.04 и 02.37. Узб.) на хлопковых полях, а на рисовых системах доходит до 13600 м<sup>3</sup>/га в годовом цикле (прилож.7).

В результате солевой баланс зоны аэрации почти на всех ОПУ складывался рассолительного типа с выносом из верхних слоев от 1.5 до 53 т/га солей в год (прилож.7).

Высокая эффективность СВД в условиях интенсивного внешнего притока: ( $\Pi - Q$ ) = 4300-4500 м<sup>3</sup>/га, подземных вод наблюдалась на ОПУ, расположенном в совхозе "Яккатут" Бешарыкского района Ферганской области (ОПУ № 02.2. Уз.). Общие и частные водно-солевые балансы этого участка приведены на рисунке 2.4.

Данные диаграммы показывают, что в процессе работы СВД на ОПУ достигнут отрицательный водно-солевой баланс зоны аэрации и покровного мелкозема. Величина

рассоляющего расхода ( - д) в балансе зоны аэрации в 1970-1975 гг. составляла от -358 до -2959 м<sup>3</sup>/га. При этом вынос солей в метровом слое по балансу составил 73.6 т/га. Опреснением охвачены не только зона аэрации, но и покровный мелкозем до глубины 7-8 м и более, где вынос солей составлял от 29 до 39.5 т/га.

Отток по коллекторно-дренажной системе (КДС) составлял от 5.5 до 8.0 тыс.м<sup>3</sup>/га. Соотношение суммарной водоподачи к суммарному испарению за эти годы составило 1.04-1.23.

**Для условий Голодной степи, где геоморфолого-литологические условия несколько тяжелее, мощность покровного мелкозема до 25 м, эффективность СВД** можно проиллюстрировать на примере совхоза “Пахтаарал” (таблица 2.6). Данные показывают, что до строительства СВД существующий горизонтальный дренаж протяженностью 12-14 м/га не позволили обеспечить проектную дренированность территории.

Строительство и эксплуатация СВД с 1965 г. на этих землях дала возможность: создания высокой дренированности, обеспечив переток грунтовых вод из покровного мелкозема в каптируемый пласт до 3-5 тыс.м<sup>3</sup>/га; применение промывного режима орошения (в вегетационный период  $O_p = 7200-8400$  м<sup>3</sup>; в зимний период от 2500 до 7800 м<sup>3</sup>/га) с отношением  $(B+O_c) : E_{T_b} = 1.15-1.28$ . При таком режиме обеспечивался ежегодный вынос солей из всего покровного мелкозема в количестве 10-21 т/га.

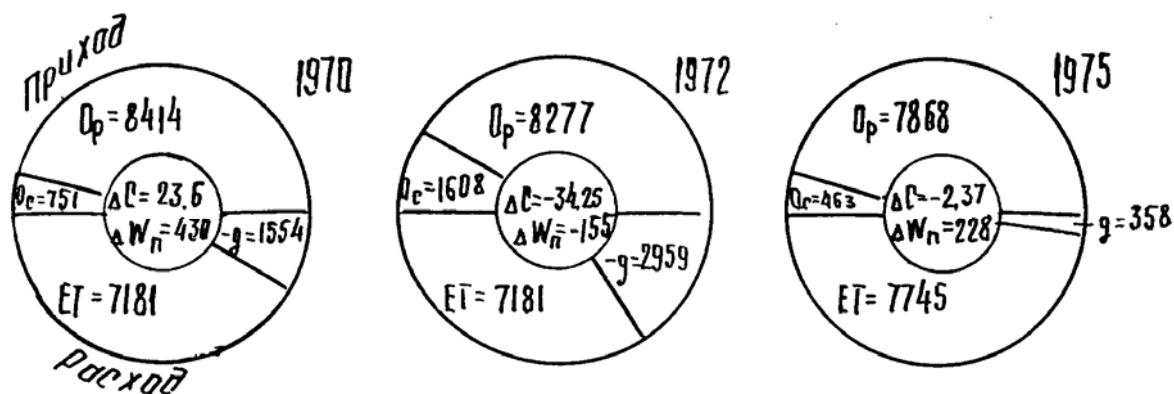
На крупных системах вертикальный дренаж также проявил высокую эффективность, примером которой служит строительство и эксплуатация СВД в количестве 250 шт. в Бухарской области (табл.2.7). До 1965 г. существующий открытый дренаж протяженностью 8.5 м/га обеспечивал отвод всего 500-600 м<sup>3</sup>/га грунтовых вод, и грунтовые воды залежали очень близко к дневной поверхности - 1.0-2.0 м.

Благодаря строительству СВД и улучшению дренированности территории хозяйствам удалось регулировать уровни грунтовых вод в необходимых пределах от 2.5 до 3.2 м. Такой диапазон их распределения позволил осуществить промывной режим орошения нормой 6.0-6.5 тыс.м<sup>3</sup>/га (вегетация) и промывной нормой от 2.5 до 4.0 тыс.м<sup>3</sup>/га (зимой). Величина промывного режима  $(B+O_c)/E_{T_b}$  составляла от 1.01 до 1.25, что обеспечило в зоне внедрения СВД отрицательный тип водно-солевого баланса с выносом 7.6-9.3 т/га из активной толщи (табл.2.7).

Дренажный сток по СВД при этом составил от 3.1 до 4.8 тыс.м<sup>3</sup>/га.

Значительно усилить дренированность орошаемых земель и создать отрицательный тип водно-солевого баланса с помощью внедрения скважин вертикального дренажа удалось и на других крупных системах, параметры которых приведены в табл.2.9. Это СВД в Кувинском районе - 230 скважин на площади 26.6 тыс.га; Баяутский и Шурузьякский массив - 313 СВД на площади 117.1 тыс.га; СВД в Арысь-Туркестанском массиве Чимкентской области - 504 шт. СВД на площади 52.4 тыс.га и другие.

а) баланс зоны аэрации в поле



б) Общий водный баланс

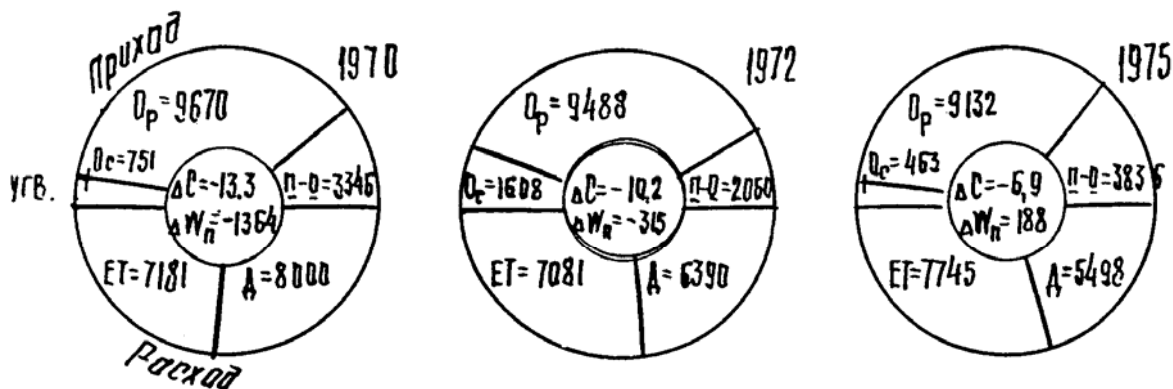


Рис. 2.4. Структура статей общего водного баланса и баланса зоны аэрации,  $m^3/га$ :  $Q_p$  - водопадога в поле (нетто);  $Q_c$  - атмосферные осадки;  $(-g)$  - питание грунтовых вод опускающейся почвенной влагой;  $A_p$  - дренажный сток;  $ET$  - эвапотранспирация;  $\Pi-Q$  - разность подземного притока и оттока;  $\Delta W_n$  - изменение запасов влаги в расчетном слое;  $\Delta C$  - солевой режим; Знак  $-$  (минус) перед цифрами обозначает вынос солей;  $+$  (плюс) - накопление.

Таблица 2.6

Водно-солевой баланс покровного суглинка ОПУ вертикального дренажа  
в совхозе "Пахтаарал"

Условия дренированности	Год	Приход, м <sup>3</sup> /га			Расход, м <sup>3</sup> /га			Изменения запасов влаги, м <sup>3</sup> /га			Приток подзем- ных или отток грунто- вых вод м <sup>3</sup> /га	Накопление (+), вынос (-) солей, т/га		
		атмос- ферные осадки	водопо- дача и потери на филт- рацию	итого	испа- рение и транс- пир- ация	дре- наж- ный сток	итого	в грун- товых водах	в зоне аэра- ции почво- грун- тов	итого			плот- ный оста- ток	хлор
До ввода СВД в эксплуатацию	1961	2535	5540	8075	8118	137	8991	288	90	378	596	+6.6	1.2	
	1962	2481	6568	9049	9920	151	9071	576	-150	426	510	+7.0	1.2	
	1963	2595	6986	9681	9578	189	9768	128	180	308	496	+7.0	1.2	
	1964	3707	6163	9870	9785	210	9995	-48	60	12	137	+4.10.6		
При работе СВД	1965	2113	8122	10235	8486	98	8584	-72	-80	-152	-1803	-6.8	-1.3	
	1966	2540	7645	10185	7046	124	7170	-256	-210	-466	-3481	-18.7	-3.9	
	1969	5652	7253	12905	8394	765	9159	-88	-235	-323	-3423	-20.0	-3.6	
	1971	2515	10872	13387	7505	1001	8506	-144	-271	-415	-5291	-15.35	-3.2	
	1973	2127	10308	12435	7551	962	8513	-	-668	-668	-4590	-21.55	-4.0	
	1975	1799	7570	9370	8083	-	8245	-	-152	-152	-1430	-5.3	-0.9	

Однако за последние годы на некоторых объектах СВД отмечается ухудшение условий эксплуатации скважин, снижение дебитов, а также ухудшение качества оросительных вод и снижение водообеспеченности. К примеру, в Каганском районе Бухарской области к 1986-1988 гг. в большинстве скважин, возраст которых составляет 15-25 лет, за счет химической кольматации фильтровых каркасов фактический дебит снизился до 18 л/с против исходного 25-45 л/с; удельная водоподача нетто за вегетационный период составила 4.8-6.2 тыс.м<sup>3</sup>/га при минерализации оросительной воды 0.85-1.47 г/л; нормы осенне-зимних промывок также уменьшились до 1.5-2.0 тыс.м<sup>3</sup>/га, против 3-4.0 тыс.м<sup>3</sup>/га, которые имели место до 1980-1985 г.

Суммарная дренированность по горизонтальному и вертикальному дренажу снизилась до 1930-2260 м<sup>3</sup>/га против исходной 5240-6085 м<sup>3</sup>/га. Из-за всего этого общий солевой баланс территории Каганского района складывался почти нулевым (всего - 1-1.5 т/га), что повлекло за собой медленную реставрацию засоления почв (табл.2.8).

Аналогичная картина наблюдается и по Сырдарьинской области (объект 02.30.Уз.), по системе СВД Пахтааральского района (объект 02.11.Уз.), Джетысайском и Кировском районах (02.9.Уз.), где наряду со снижением годовой нормы водоподачи отмечается ухудшение условий эксплуатации СВД и снижение их дебитов. За последние годы на этих объектах водно-солевой баланс складывался нередко положительным с накоплением солей от 3 до 8 т/га (прилож.7).

Таблица 2.7

Водносолевой баланс активной толщи водообмена  
в зоне внедрения вертикального дренажа  
в Зарафшанской долине  
(Бухарской области)

Статьи баланса	Вода, м.куб/га		Соли, т/га	
	1969-1970 гг.	1970-1971 гг.	1969-1970 гг.	1970-1971 гг.

**Приход:**

Атмосферные осадки	1226	1328	-	-
Фильтрация из каналов	1588	1665	7.368	6.292
Водоподача	9366	8295	6.397	5.711
Подземный приток	2561	3307	-	-
<b>ИТОГО:</b>	<b>14714</b>	<b>14595</b>	<b>13.765</b>	<b>12.003</b>

**Расход:**

Суммарное испарение	7637	8049	-	-
Отток по вертикальному и горизонтальному дренажу	6085	5237	18.082	14.554
Подземный отток	2604	1421	4.984	5.081
<b>ИТОГО:</b>	<b>16326</b>	<b>14770</b>	<b>23.066</b>	<b>19.635</b>
<b>Разность</b>	<b>-1612</b>	<b>-184</b>	<b>-9.301</b>	<b>-7.632</b>

Таблица 2.8

Фактические общие водно-солевые балансы территории,  
мелиорируемой вертикальным дренажем Каганского района Бухарской области

Статьи водно-солевого баланса	1986 - 1987 гг.						1987 - 1988 гг.					
	вегетация		невегетация		год		вегетация		невегетация		год	
	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>ПРИХОД</b>												
ФМК	1379	6.14	182	2.72	561	8.87	379	0.42	182	0.201	561	0.62
В	4987		2197		7184		5332	5.89	2346	2.59	7678	8.48
О <sub>с</sub>	321	-	1708	-	2029	-	597	-	1394	-	1991	-
<b>ИТОГО</b>	<b>5687</b>	<b>6.14</b>	<b>4087</b>	<b>2.72</b>	<b>9819</b>	<b>8.87</b>	<b>6308</b>	<b>6.31</b>	<b>3992</b>	<b>2.79</b>	<b>10230</b>	<b>9.10</b>
<b>РАСХОД</b>												
ЕГ	6158	-	774	-	6931	-	6558	-	738	-	7296	-
Д <sub>в</sub>	503	1.54	276	8.85	850	2.60	623	1.91	689	2.11	1312	4.02
Д <sub>г</sub>	704	4.44	339	1.66	1079	6.47	598	3.59	352	2.11	950	5.7
С <sub>п</sub>	556	0.64	240	0.28	796	0.91	585	0.64	258	0.28	843	0.93
<b>ИТОГО</b>	<b>7957</b>	<b>6.62</b>	<b>1629</b>	<b>2.79</b>	<b>9656</b>	<b>9.98</b>	<b>8364</b>	<b>6.14</b>	<b>2037</b>	<b>4.50</b>	<b>10401</b>	<b>10.65</b>
<b>БАЛАНС</b>	<b>-2270</b>	<b>-0.48</b>	<b>3258</b>	<b>-0.05</b>	<b>163</b>	<b>-1.11</b>	<b>-2057</b>	<b>0.17</b>	<b>1854</b>	<b>-1.71</b>	<b>-203</b>	<b>-1.55</b>

## 2.2.5. Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов зоны аэрации и покровного мелкозема

В процессе эксплуатации систем вертикального дренажа на территории всех опытно-производственных участков была достигнута высокая дренированность покровного мелкозема. Если в исходном состоянии при существующем горизонтальном дренаже среднегодовые дренажные модули составляли 0.02-0.07 л/с.га (600-2240 м<sup>3</sup>/га в год), то после ввода в эксплуатацию СВД эти показатели значительно повысились. Так, в Ферганской долине среднегодовые дренажные модули достигли до 0.18-0.24 л/с.га (в Бешарыкском и Кувинском районах), в Голодной степи (на участках совхоза “50 лет Узбекистана”, “Пахтаарал” и др.) до 0.14-0.28 л/с.га, по Кзылкумскому массиву 0.14-0.2 л/с.га, в Бухарской области до 0.13-0.18 л/с.га. Показатели, характеризующие условия дренированности, регулирования уровня и минерализации грунтовых вод, скорость снижения УГВ, водно-солевой режим почв по всем ОПУ и крупным системам СВД на период до и после строительства скважин, приведены в прилож.8.

Нужно отметить, что величины дренажных модулей во время осенне-зимних промывок превышают в 1.5-2 раза среднегодовые. На рисовых системах дренажные модули достигают до 0.32-0.52 л/с.га.

Построенные на опытных участках системы вертикального дренажа позволили регулировать уровни грунтовых и напорных вод путем изменения объема отбора подземных вод, создавая при этом различную по интенсивности скорость перетекания грунтовых вод. Скорость перетекания грунтовых вод тесно связана с проницаемостью покровного мелкозема и градиента напора.

Исследованиями установлено, что с увеличением проводимости покровного мелкозема (  $T$  ) и градиента напора ( $\Delta h = H - h$  ) наблюдается резкое нарастание скорости снижения грунтовых вод (рисунок 2.5). Скорость снижения грунтовых вод в зависимости от проницаемости покровного мелкозема описывается формулой:

$$V = 0.0031^{2.7} \text{ при } \Delta h \leq 1.0 \text{ м и}$$

$$V = 0.007^{3.25} \text{ при } \Delta h \geq 1.5 - 2.0 \text{ м}$$

Из-за несовершенства существующего горизонтального дренажа, особенно в районах, имеющих напорные грунтовые воды и плавунные грунты, этот тип дренажа не дал ожидаемого эффекта, хотя несколько замедлил ухудшение мелиоративного состояния земель. Для примера можно привести территорию ОПУ в совхозе “50 лет Узбекистана” и “Бешарык”, которые расположены в зоне усиленного питания грунтовых вод с подземным притоком со стороны, величина которого изменяется от 1.5-1.8 (в Голодной степи) до 3.5-5.0 тыс.м<sup>3</sup>/га(в Ферганской долине). Данные предыдущих таблиц по водно-солевому балансу показали, что в условиях Вахшской долины Таджикистана приток подземных вод со стороны имеет еще большие величины - до 10-11 тыс.м<sup>3</sup>/га в год (ОПУ 02.1. Тадж.).



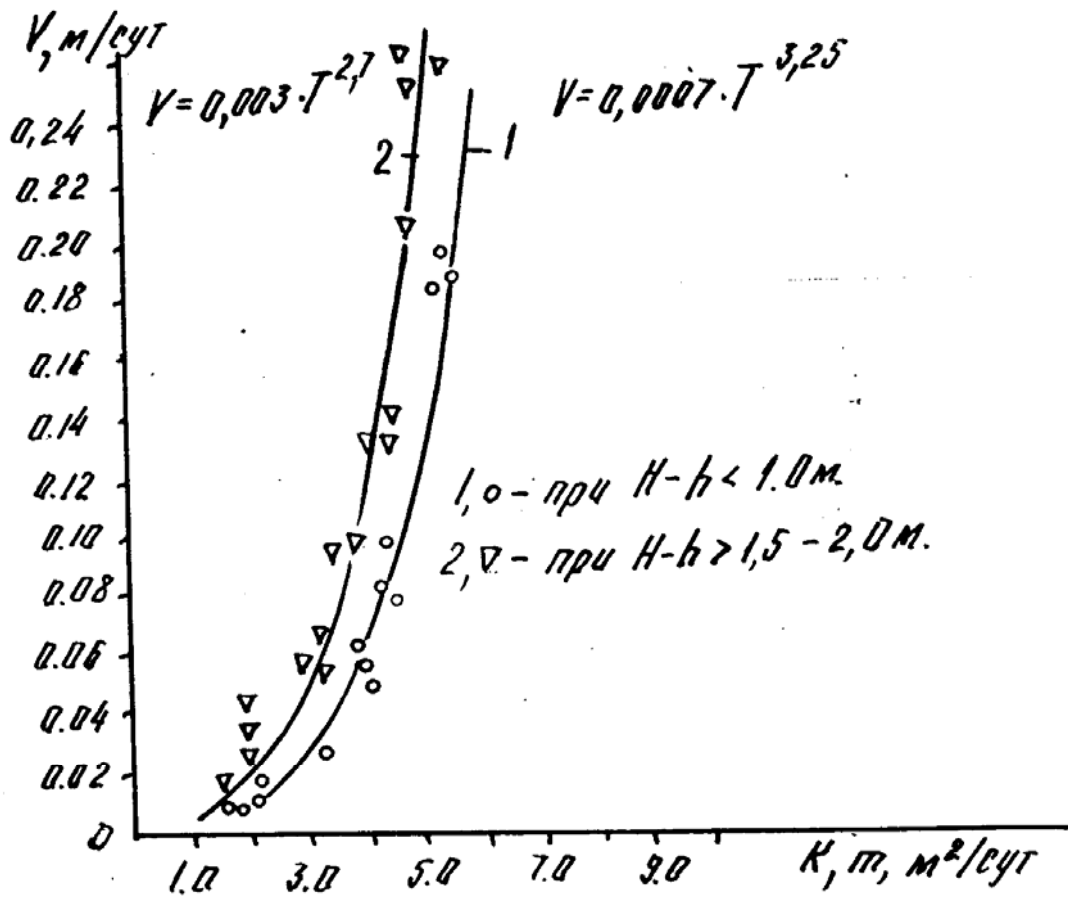


Рис. 2.5. Скорость снижения уровня грунтовых вод ( $V$ ) в зависимости от проницаемости покровных отложений ( $T = K, \text{ м}$ )

Из-за несовершенства оросительной и особенно дренажной сети, на всех участках наблюдалось близкое залегание уровня грунтовых вод в пределах 0.6-1.0-1.8 м от поверхности земли. В свою очередь близкое залегание минерализованных грунтовых вод (от 5 до 40 г/л и более) обуславливало увеличение суммарного испарения с их поверхности и приводило к засолению почв зоны аэрации.

Увеличение дренированности территории с вводом СВД дало возможность повсеместно сбавлять уровень грунтовых вод со скоростью от 2-2.5 (Сардобинский и Шурузякский массивы) до 3.5-4.0 см/сут (северо-западная часть Голодной степи), а в условиях с более лучшими фильтрационными свойствами как Ферганская долина или Бухарская область до 10-15 см/сут (прилож.8).

Важнейшим фактором явилось то, что СВД дали возможность регулировать глубину залегания уровней грунтовых вод по периодам года в оптимальных для конкретного природно-хозяйственного условия пределах с учетом благоприятности проведения агротехнических мероприятий.

По данным многолетних натурных исследований представленных по данному направлению, для условий Центральноазиатских республик характерны следующие особенности наиболее оптимального поддержания уровня грунтовых вод по периодам года:

- сентябрь-ноябрь - период незначительных атмосферных осадков, ограниченного водозабора, достаточно больших величин испарения с орошаемой территории и общего спада УГВ. В этот период вертикальный дренаж сбавляет УГВ до максимально возможной величины (3.5-4.5 м) для создания свободной емкости в почвогрунтах с целью проведения осенне-зимних промывок с наибольшим рассоляющим эффектом;

- декабрь-февраль - период максимального водозабора и проведения промывок, выпадения основного годового объема атмосферных осадков, резкого снижения испарения и, следовательно, подъема УГВ до 1.0-1.5 м, а при недостаточной дренированности - нередко и подтопления орошаемых земель. В это время эксплуатационные организации обычно обеспечивают бесперебойную работу систем вертикального дренажа с максимальным дебитом скважин для сбавки промывных вод и регулирования УГВ в пределах 1.0-1.5 м;

- март-май - период максимального водозабора и прекращения пропусков воды по каналам, значительного выпадения атмосферных осадков, начала интенсивного испарения. Задача дренажа - понизить УГВ до 2-2.5 м для уменьшения физического испарения с поверхности почвы в целях исключения реставрации засоления и обеспечения оптимальных условий для проведения предпосевных мероприятий и массового всхода сельскохозяйственных культур;

- июнь-август - период максимального водозабора для проведения вегетационных поливов, больших потерь влаги на испарение и транспирацию и повсеместного подъема грунтовых вод. В этот период вертикальный дренаж позволяет поддерживать УГВ в пределах 2.6-3.0 м и предотвращать тем самым реставрацию засоления.

Характерные графики колебания уровней грунтовых вод во внутригодовом режиме для хлопководческого совхоза приведены на рисунке 2.6 для условий Ферганской долины, для рисоводческого хозяйства на рисунке 2.7 (для условий Кзылкумского массива Чимкентской области Казахстана), а для Вахшской долины Таджикистана в табл.2.9.

Таблица 2.9

Динамика распределения площадей с различной глубиной залегания грунтовых вод  
(Вахшская долина)

Глубина залегания, м	1957 год, лето, до орошения		1966 год, лето, при орошении		1969 год, лето, при орошении	
	га	%	га	%	га	%
0.0 - 0.5	5.4	1.4	-	-	-	-
0.5 - 1.0	37.6	9.4	-	-	-	-
1.0 - 2.0	300.0	75.0	19	4.7	30	7.5
2.0 - 3.0	40.0	10.0	89	22.2	23	5.8
3.0 - 5.0	17.0	4.2	133	33.2	224	56.8
5.0 - 10.0	-	-	124	31.0	74	18.5
больше 10.0	-	-	35	8.8	49	12.2

Обычно в условиях засоленных почв Центральноазиатского региона в режиме грунтовых вод отмечается два подъема - в период летних вегетационных поливов и в осенне-зимний период под влиянием промывных поливов. Исключением являются режим грунтовых вод, формируемых под посевами риса, где УГВ в летние месяцы поднимается до поверхности земли и смыкается с поверхностью воды в чеках, а весной и зимой они опускаются до 2.5-3.0 м.

Таким образом, эксплуатация СВД позволила управлять глубиной залегания грунтовых и напорных вод в оптимальных диапазонах от 1.5 до 4.5 метров от поверхности земли (прилож.8). На многих опытных участках и крупных системах СВД благодаря работе скважин по научно-обоснованным режимам откачек удалось обеспечить полуавтоморфный мелиоративный режим, что позволило успешно осуществлять промывной режим орошения и осенне-зимние промывки.

При этом рассоляющий расход инфильтрационных вод колебался от 1040 до 5670 м<sup>3</sup>/га в годовом балансе, а вынос солей составил 5-50 т/га в год, что позволило опреснить не только почвогрунты, но и поверхностные слои грунтовых вод.

Данные прилож.8 показывают, что за 5-7 лет эксплуатации СВД происходит многократное рассоление грунтовых вод до 2-6 г/л по сравнению с исходной величиной 10-50 г/л.

Но в то же время, в последние годы на отдельных ОПУ и крупных системах СВД из-за снижения дебитов (мощности откачек) наблюдается подъем уровня грунтовых вод. А лимитированное водопользование привело к снижению водообеспеченности территории, а это, в свою очередь, привело к снижению водоподачи на поля и снижению промывной доли, а также норм осенне-зимних промывок.

Все это повлияло на водно-солевой баланс, который стал на отдельных ОПУ положительным с превалированием поступления солей за счет поверхностных вод над его выносом с приходом ежегодно от 3 до 6.8 т/га солей в зону аэрации. К примеру, можно привести данные по совхозу им.Навои Сырдарьинской области (ОПУ 02.18. Уз.), крупные системы СВД по Сырдарьинской области (02.30. Уз.).

Но в целом нормальная эксплуатация СВД и на ОПУ и на крупных системах позволила интенсивно снизить минерализацию грунтовых вод, что хорошо видно на примере Шурузякского и Пахтааральского массива, где вертикальный дренаж начал внедряться с 1965-66 гг., а режим водоподачи был промывного типа, табл.2.10.

Таблица 2.10

Динамика минерализации грунтовых вод  
на крупных системах СВД Голодной степи

Массивы	Кол-во СВД, шт	Средняя минерализация грунтовых вод по годам, г/л							
		1952	1958	1966	1974	1978	1984	1985	1986
Шурузякский	212	7.9	8.07	6.71	5.11	4.82	3.05	2.71	2.76
Сардобинский	151	13.85	12.21	11.65	9.88	8.68	4.66	4.62	4.81
Пахтааральский	325	8.37	8.34	7.83	5.2	3.82	4.27	3.50	4.93

**Динамика солевого режима почвогрунтов  
на фоне вертикального дренажа**

Солевой режим почв на всех объектах складывался в соответствии с направленностью водно-солевых балансов зоны аэрации, грунтовых вод и общего. Как отмечено в предыдущей главе (2.2.4), почти на всех опытно-производственных участках и крупных системах в годовом и многолетнем разрезе поддерживался промывной режим орошения величиной ( $B + O_c : E_{тв}$ ) от 1.1 до 1.35, что на фоне хорошо работающего вертикального дренажа обеспечивал формирование отрицательного водно-солевого баланса с выносом от 5 до 50 т/га солей.

Приведенные выше величины оросительных и промывных норм в годовом цикле и поддержание отрицательного водно-солевого баланса на фоне СВД позволило постепенное улучшение мелиоративного состояния по всем рассматриваемым объектам (прилож.8).

Анализ динамики водно-солевого режима почвогрунтов по объектам СВД расположенным в верховьях р.Сырдарьи показывает следующую направленность процессов.

На опытном участке, расположенном в Чуйской долине Кыргызстана, степень засоления почв отмечалась разнообразием - от незасоленных и слабозасоленных до сильнозасоленных в комплексе с пятнами солончаков, тип засоления сульфатно-натриево-кальциевый или сульфатно-кальциево-натриевый, местами со следами соды.

При поливе люцерны дождеванием ДА-Роса-3 или ДМ-фрегат оросительной нормой 6980-7060 м<sup>3</sup> и осенних профилактических поливах нормой 1400-2100 м<sup>3</sup>/га обеспечивается отрицательный водно-солевой баланс зоны аэрации с ежегодным выносом 6 т/га солей при совместной работе вертикального и горизонтального дренажа. Режим орошения кормовых культур поддерживался частыми поливами от 4

до 13 и поддержанием влажности почв от 70 до 90 % от ППВ. При таком промывном режиме орошения

$$(K = \frac{B + O_c}{ET} = 1.26)$$

произошло существенное уменьшение содержания токсичных солей в верхнем метровом слое почвы; в слоях 0-20 и 0-60 см не осталось сильнозасоленных почв, опреснилась толща до 2.0 м. А минерализация грунтовых вод существенно не изменилась и составляла 2.4-26.9 г/л по сравнению с исходной 3-30 г/л. Вымыв токсичных солей в почве составил 2.9 раза, а их содержание уменьшилось с 0.463 до 0.161 % в слое 0-1 м. Установлено, что для поддержания УГВ не выше 2 м от поверхности земли продолжительность откачек в вегетационный период должна быть не менее 100 суток.

В следующем водохозяйственном районе (Ферганская долина) по данным представленных проектов и ранее выполненного обобщения (Х.Якубов, 1990 “Мелиорация засоленных земель на фоне вертикального дренажа”) установлены следующие особенности работы СВД.

Зона широкого распространения вертикального дренажа на этой территории охватывает земли Кувинского, Ташлакского, Багдадского и Кировского районов Ферганской области. Природные условия этой зоны более облегченные чем, например, в Голодной степи. В Кувинском и Ташлакском районах вертикальный дренаж построен в зоне интенсивного подземного притока с близким залеганием уровня слабоминерализованных грунтовых вод. Орошаемые земли этих районов, как правило, представлены незасоленными, но переувлажненными почвогрунтами с глубиной грунтовых вод 0.5-2.0 м. В связи с этим скважины вертикального дренажа здесь предназначены для перехвата подземного притока и обеспечения оптимальной влажности почв при минимуме водоподачи на орошаемые поля. Откачиваемая подземная вода слабоминерализована (1-3.0 г/л) и используется она на полив сельхозкультур.

В Багдадском и Кировском районах СВД построены в зонах интенсивного выклинивания грунтовых вод с большим подземным притоком со стороны. Грунтовые воды здесь также залегают близко (0.5-2.0 м) к поверхности земли, но имеют несколько повышенную минерализацию (3-5 г/л в Багдадском и до 10-15 г/л в Кировском районах). Земли Багдадского района представлены незасоленными и слабозасоленными почвогрунтами, а Кировского района - слабо- и средnezасоленными. Поэтому задачей вертикального дренажа в этих районах является создание оптимальной дренированности территории для комплекса агротехнических мероприятий по рассолению почв, а также перехват и использование подземных вод на полив сельхозкультур.

Каптируемый водоносный пласт представлен здесь слоистыми гравийно-галечниковыми отложениями мощностью от 8-12 м до 25-40 м и более. Они имеют большую проводимость  $> 500 \text{ м}^2/\text{сут}$  и  $K_{\phi} = 25-40 \text{ м/сут}$ . Покровные мелкоземы имеют небольшую мощность, редко достигающую 20 м и представлены грунтами с высоким  $K_{\phi} = 0.25-0.7 \text{ м/сут}$ . Соппротивление покровного мелкозема изменяется в широких пределах ( $\Phi_z = 12-34 \text{ сут.}$ , в среднем 24 сут.); скорость снижения УГВ при работе вертикального дренажа весьма высокая - 0.15-0.22 м/сут.

Грунтовые воды имеют хорошую связь с водой каптируемого пласта и характеризуются высокой интенсивностью перетекания, достигающей  $W > 0.4 \text{ м/сут}$ .

Почвогрунты покровного мелкозема обладают лучшими чем в Голодной степи показателями водо- и солеотдачи: коэффициент водоотдачи  $M = 0.09-0.11$ , а солеотдачи  $0.72-1.12$ .

Легкорастворимые соли в почвах этих районов Ферганской области сосредоточены в основном в зоне аэрации, что обычно присуще территориям с напорной подземной водой. По типу засоления они относятся к сульфатным, а местами - к хлоридно-сульфатным. Величина плотного остатка колеблется от  $0.4$  до  $3.2$  %, а иона хлора от  $0.015$  до  $0.8$  % от сухой массы почв.

В настоящее время на землях Кувинского, Ташлакского, Багдадского и Кировского районов построены и эксплуатируются более 533 скважин с глубиной от 20 до 60 метров и с дебитом от 8 до 90 л/сек. Коэффициент полезной работы систем варьирует в пределах  $0.5-0.7$ . Система обслуживает всего 43.2 тыс.га земель. Объем ежегодной откачки подземных вод равен  $4.5-5.5$  тыс.м<sup>3</sup>/га, что обеспечивает на орошаемых территориях регулирование УГВ в пределах  $1.8$  (весна) -  $2.8$  (осень) метров. Среднегодовой УГВ в многолетнем разрезе колеблется от 2 до 2.4 м.

В рассматриваемых районах система вертикального дренажа предусмотрена для усиления дренированности территории, где прежде эксплуатировался только открытый горизонтальный дренаж удельной протяженностью  $30-45$  м/га. Однако из-за интенсивного подземного притока, величина которого доходит до  $3.5-6.5$  тыс.м<sup>3</sup>/га, горизонтальный дренаж не обеспечивал сработки грунтовых вод на переувлажненных землях, а повышенное испарение приводило к накоплению солей в почвах зоны аэрации.

Рассоление этих земель осуществлялось путем промывного режима орошения в годовом разрезе. В период вегетации на орошаемые поля подавалось  $5.5-7.6$  тыс.м<sup>3</sup>/га воды, а в осенне-зимний период промывные нормы составили  $1.8-3.0$  тыс.м<sup>3</sup>/га. Отношение водоподачи вместе с осадками к суммарному испарению составило в этих районах  $1.1-1.45$ . А величина дренажного стока при этом изменялась от  $5.8$  до  $10.3$  тыс.м<sup>3</sup>/га. Более 50 % дренажного стока отведено СВД.

При таких размерах водопоступления на фоне совместной работы вертикального и горизонтального дренажа на орошаемых землях наблюдался повсеместный отрицательный водно-солевой баланс с выносом от  $2.5$  до  $3$  т/га солей, а в отдельных районах до  $12.5$  т/га солей (табл.2.11).

Характерным для этой зоны опытным участком СВД является территория совхоза "Яккатут" Бешарыкского (Кировского) района Ферганской области. На этом ОПУ в результате длительной эксплуатации СВД площади с минерализацией грунтовых вод выше  $3.0$  г/л скратились с  $79$  % до  $29$  %. Площадь незасоленных земель в 1970 г. составляла  $138$  га ( $20.4$  %), а в 1980 г. -  $386$  га ( $57$  %). Площадь средnezасоленных земель уменьшилась с  $250$  до  $30.4$  га ( $45$  %). Достигнуто опреснение почв в метровом слое: по содержанию плотного остатка с  $2.0$  % до  $0.6$  %, по иону хлора с  $0.05$  до  $0.01-0.015$  %. Отношение  $V+O_c / ET = 1.04-1.23$ . Ежегодный вынос солей по балансу составлял от  $6$  до  $12$  т/га. В период исследований опреснением охвачены не только зона аэрации, но и покровный мелкозем до глубины  $7-8$  м и более. Динамика рассоления почвогрунтов по ОПУ на фоне СВД за многолетний период отражена на примере стационарной точки № 6 (рис.2.8).

Таблица 2.11

Динамика водно-солевых балансов территорий, мелиорируемых системами  
вертикального дренажа в Ферганской области

Элементы водно-солевого баланса	Един. измер	Кувинский район		Ташлакский район		Багдадский район		Кировский (Бешарыкский) район	
		1976 г.	1987 г.	1976 г.	1987 г.	1976 г.	1987 г.	1976 г.	1987 г.
Водоподача, В	м <sup>3</sup> /га	6551	7065	7209	6637	8476	9270	8279	7712
	т/га	5.25	4.90	4.69	4.01	5.93	5.93	5.43	5.01
Атмосферные осадки, О <sub>с</sub>	м <sup>3</sup> /га	1789	3472	1789	3472	1141	1616	1141	1616
	т/га	0.716	1.22	0.716	1.22	0.456	0.65	0.456	0.65
Фильтрация из каналов, Ф <sub>к</sub>	м <sup>3</sup> /га	3627	3482	3882	3130	4564	5215	3401	3556
	т/га	2.12	2.08	2.33	1.88	2.74	2.19	2.04	2.31
Суммарное испарение, ЕТ <sub>с</sub>	м <sup>3</sup> /га	8171	8477	8286	8747	7940	8150	7800	8050
Разность притока и оттока подземных вод, П - С	м <sup>3</sup> /га	1951	6677	3530	6155	4977	6506	3100	4120
	т/га	0.78	2.67	1.41	2.46	1.99	2.66	1.24	1.65
Отток по КДС, Д <sub>р</sub>	м <sup>3</sup> /га	5803	11316	8040	10011	10377	14400	7712	8950
	т/га	9.75	19.24	13.02	17.02	16.60	23.9	21.09	20.14
Изменение засоления грунтовых вод, Δ W <sub>гр</sub> , Δ С <sub>гр</sub>	м <sup>3</sup> /га	-156	0	84	636	84	51	400	4
	т/га	-0.089	-8.47	-3.88	-6.81	-5.48	-12.47	-12.52	-10.52

В среднем течении р.Сырдарьи скважины вертикального дренажа широко внедрены в Голодной степи и Арысь-Туркестанском массиве Казахстана. В Голодной степи построено свыше 1660 СВД с общей мощностью 72.4 м<sup>3</sup>/с. Большая часть Голодной степи отмечается большой мощностью покровного мелкозема, обладающей слабой водопроницаемостью ( $K_{\phi} = 0.03-0.15$  м/сут). Исследования показали, что в толщах покровных отложений в процессе геологического развития ландшафта накоплены значительные первичные легкорастворимые соли, общее количество которых колеблется от 0.5-0.7 до 3-5 тыс.т/га. На водораздельных участках и, особенно, краевых недренированных частях бассейна солевые запасы были распределены по всему профилю на всю глубину покровного мелкозема с несколькими характерными соевыми максимумами. Характерные эпюры распределения солей по профилю и выделенные районы по их площадному распространению приведены выше в разделе 2.2.1.3.

По сложности рассоления и технике дренирования территорию Голодной степи можно разделить на ряд крупных районов (Х.Якубов, Л.А.Скоробогатова, 1980).

Первый район включает в себя пойменный массив площадью 57.2 тыс.га с двухслойным водоносным пластом, где хорошо проницаемый водонасыщенный пласт покрыт сверху маломощными покровными отложениями до глубины 3-5 м. Здесь построенный открытый дренаж обеспечил отток грунтовых вод (дренажный модуль 0.14 л/с.га) на фоне промывного режима (годовое поступление воды на территорию 12-13 тыс.м<sup>3</sup>/га), что позволил поддержать необратимый процесс рассоления с выносом 13-15 т/га в год.

Второй район - это северо-восточная и северо-западная часть Голодной степи - зона развития вертикального дренажа. Сюда входит Шурузякский, Сардобинский, Баяутский, Центральный массивы Узбекистана, Джетысайский и Пахтааральский районы Чимкентской области Казахстана.

Валовая площадь района - 396.6 тыс.га. Оценка сложности рассоления этих земель, т.е. управления водно-солевыми режимами в северо-восточной и северо-западной части Голодной степи приведена в табл.2.12 и 2.13.

Данные таблиц показывают, что геофильтрационные, гидравлические и почвенно-мелиоративные условия на массивах северо-восточной части очень сложные. Почвы характеризуются высоким содержанием легкорастворимых солей от зоны аэрации до подошвы покровного мелкозема: величина плотного остатка от 0.5 до 4.5 % от веса сухого грунта, а иона хлора 0.03-1.2 %; грунты в большинстве своем обладают заниженной водо- и солеотдачей:  $M = 0.06-0.08$ ;  $L = 1.8-3.0$ .

Северо-западная часть Голодной степи представлена слоистыми почвогрунтами из легких и средних суглинков и супесей. По сложности рассоления грунтов покровных отложений земли этого района относятся к средней сложности. Водо- и солеотдача намного лучше, чем на северо-восточной части. Содержание легкорастворимых солей колеблется от 0.5 до 1.8 % по плотному остатку, и от 0.03 до 0.3 по иону хлора. С глубины 12-15 м почвы практически опреснены.

Для мелиорации этих земель, расположенных в зоне командования Кировского магистрального канала (КМК) Голодной степи, в качестве основного приема был принят промывной режим орошения на фоне вертикального дренажа путем проведения эксплуатационной промывки нормой 2.5-5.0 тыс.м<sup>3</sup>/га (в среднем 3-3.5 тыс.м<sup>3</sup>/га) и вегетационных поливов оросительной нормой 5-5.5 тыс.м<sup>3</sup>/га для северо-западной и 5.5-6.5 тыс.м<sup>3</sup>/га для северо-восточной частей. Тогда общее водопоступление (водоподача + атмосферные осадки) на орошаемое поле составит



Таблица 2.12

Оценка сложности расслоения почвогрунтов покровного мелкозема  
северо-восточной части Голодной степи

Группа факторов	Массивы, административные районы		
	Шурузьякский (без поймы), (Сырдарьинский, Ворошиловский, Глистанский районы)	Сардобинский (Комсомольский район)	Баяутский (Баяутский район)
<b>1. Геофильтрационная</b>			
Мощность покровного отложения - $m_n$ , м	20-30	25-40	15-45
Грунты и их сложенности	слоистые: средние и тяжелые суглинки, местами глина и супеси	слоистые: средние и тяжелые суглинки, местами глина	слоистые: суглинки, супеси, редко глина
$K_{\phi}$ покровных мелкоземов, м/сут - $K_n$	0.05-0.07	0.03-0.05	0.05-0.1
Характеристика каптируемого пласта - $T=K_v \cdot M_b$ , м <sup>2</sup> /сут	хорошо проницаемые песчано-гравийно-галечниковые $T > 1500$	хорошо проницаемые песчаные $T > 300$	песчано-гравийно-галечниковые $T = 100-5000$
Фактор перетекания сверху $B = \sqrt{\frac{T m_n}{K_n}}, \text{ м/сут}$	$B > 750$	$B > 300$	$B = 200-400$ редко до 1200
Сопrotивление покровного мелкозема $\Phi_z = \frac{\sum m_{n \text{ ср}}}{K_{i \text{ ср}}}, \text{ сут}$	$> 400$ и редко 100-200	$> 500$ , редко 300-400	150-200
<b>II. Гидравлическая</b>			
Скорость снижения УГВ, см/сут	2-2.5	1.5-2.0	2.0-2.5
Интенсивность перетекания при $h=H=1$ , $h - H$ $W = K_{\phi} \text{ -----}, \text{ см/сут}$	замедленная	весьма замедленная	замедленная

Группа факторов	Массивы, административные районы		
	Шурузьякский (без поймы), (Сырдарьинский, Ворошиловский, Глистанский районы)	Сардобинский (Комсомольский район)	Баяутский (Баяутский район)
$m_n$	0.0025-0.003	0.0025	0.0025-0.005

### **III. Почвенно-мелиоративная**

Характер распределения солей	засолена зона аэрации	на всю мощность мелкозема	на всю мощность мелкозема
Тип засоления	хлоридно-сульфатный, сульфатный	хлоридно-сульфатный	хлоридно-сульфатный, сульфатный
Степень засоления <u>плотный остаток</u> ион хлора	<u>1.8-3.5</u> 0.04-0.5	<u>2.0-4.5</u> 0.07-1.2	<u>0.5-4.0</u> 0.03-1.0
Коэффициент водоотдачи (M)	0.06-0.08	0.06	0.06-0.08
Коэффициент солеотдачи (L)	2.8	1.8-3.0	1.4-3.0

Таблица 2.13

Оценка сложности рассоления почвогрунтов покровных отложений северо-западной части Голодной степи

Группа факторов	Массивы, административные районы	
	Пахтааральский район	Джетьсайский и Кировский районы

#### **1. Геофильтрационная**

Мощность покровного мелкозема, $m_n$ , м	15-40	15-30
Грунты и их сложение	слоистые: суглинки легкие, средние и супеси	слоистые: суглинки легкие, средние и супеси
$K_f$ покровного мелкозема, м/сут	0.1-0.12	0.1-0.15
Характеристика каптируемого	хорошопроницаемые	хорошопроницаемые

Группа факторов	Массивы, административные районы	
	Пахтааральский район	Джетысайский и Кировский районы

пласта	песчаные	песчаные
$T = K_v \cdot m_v, \text{ м}^2/\text{сут}$	$T = 500$	$T = 500$
Фактор перетекания сверху, сут		
$B = \sqrt{\frac{T \cdot m_n}{K_n}}, \text{ м/сут}$	$B = 150-450$	$B = 150-400$

## **II. Гидравлическая**

Скорость снижения УГВ, см/сут	2.5-3.0	3-3.5
Интенсивность перетекания при $h - H = 1,$		
$W = K_{\phi} \frac{h - H}{m_n}, \text{ м/сут}$	умеренная 0.0025-0.006	умеренная 0.003-0.007

## **III. Почвенно-мелиоративная**

Характер распределения солей	на всю мощность покровного мелкозема	на всю мощность покровного мелкозема
Тип засоления	хлоридно-сульфатный, сульфатный	хлоридно-сульфатный, сульфатный
Степень засоления:		
<u>плотный остаток</u> , %	<u>0.5-1.2</u>	<u>0.6-1.8</u>
ион хлора	0.03-0.2	0.04-0.3
Коэффициент водоотдачи (M)	0.08	0.08
Коэффициент солеотдачи (L)	1.2-1.8	1.2-1.8

соответственно 10.5-12.0 и 12-13 тыс.м<sup>3</sup>/га в год. При этом в годовом разрезе обеспечивался промывной режим с коэффициентом 1.15-1.25.

Динамика водно-солевого баланса зоны аэрации, грунтовых вод и покровного мелкозема складывающаяся до и после ввода СВД на землях северо-восточной части Голодной степи, приведена на примере Шурузякского массива в табл.2.14.

Таблица 2.14

Динамика водно-солевого баланса грунтовых вод и зоны аэрации  
в покровном слое мелкоземов (0-25 м) на орошаемых землях Шурузьякского массива  
(68.4 тыс.га) (данные Скоробогатовой Л.А.)

Элементы баланса	Г о д ы							
	1962	1964	1970	1973	1977	1979	1983	1986
<b><u>Водный баланс</u></b>								
Приходные статьи, м <sup>3</sup> /га								
O <sub>c</sub>	2730	3010	2666	2510	4950	4130	2190	1853
B	7920	9340	10516	8900	7180	7940	7890	7082
B <sub>кдс</sub>	-	-	200	650	750	640	1000	1663
Ф	1230	1080	1198	1140	1000	1000	1100	-
П	280	280	280	600	500	500	500	800
<b>ИТОГО</b>	<b>12060</b>	<b>13710</b>	<b>14860</b>	<b>13800</b>	<b>11560</b>	<b>14380</b>	<b>12680</b>	<b>11398</b>
Расходные статьи:								
Етв	8300	8700	8000	7540	8100	8000	7840	7074
D <sub>кдс</sub> , м <sup>3</sup> /га	3780	4820	7200	6370	6080	6170	4850	5780
в том числе:								
C	1600	2150	2820	2480	2250	2060	1440	972
D <sub>г</sub>	2180	2670	1070	210	260	260	220	250
D <sub>в</sub>	-	-	3310	2680	3570	3850	3190	3630
<b>ИТОГО</b>	<b>12080</b>	<b>13520</b>	<b>14935</b>	<b>14068</b>	<b>11860</b>	<b>14180</b>	<b>14170</b>	<b>11926</b>
± Δ W	-20	+190	-340	-110	-300	+200	+40	-528
Глубина УГВ, м	1.67	1.57	2.28	2.50	2.05	2.10	2.34	2.45
O <sub>п</sub> = (D <sub>г</sub> +D <sub>в</sub> ) - П ± Δ W	1900	2580	3760	3180	3530	3650	2900	2552
Модуль E, л/с.га	0.05	0.08	0.14	0.13	0.12	0.13	0.10	0.08
<b><u>Солевой баланс</u></b>								
Поступление солей, т/га:								
C(B+ )	6.3	7.9	9.6	10.0	11.0	11.8	12.0	8.30
C(B <sub>о</sub> + B <sub>кдс</sub> )	-	-	0.6	1.7	1.9	1.6	2.4	3.50
C П	0.1	0.1	0.12	0.14	0.14	0.14	0.14	0.28
<b>ИТОГО</b>	<b>6.4</b>	<b>8.0</b>	<b>10.3</b>	<b>11.8</b>	<b>13.0</b>	<b>13.5</b>	<b>15.4</b>	<b>12.08</b>
Вынос, т/га:								
C (D <sub>г</sub> + C)	10.0	12.5	10.2	6.6	6.0	3.8	3.5	1.75
C	-	-	19.9	18.5	18.0	20.0	17.3	15.22
<b>ИТОГО</b>	<b>10.0</b>	<b>12.5</b>	<b>27.3</b>	<b>21.9</b>	<b>21.8</b>	<b>23.5</b>	<b>21.4</b>	<b>16.97</b>
Вынос солей из покровного слоя, т/га	3.6	-4.5	-17.0	-10.1	-8.8	-10	-6	-4.9
B : ET	(1)	1.09	-	1.43	1.18	1.1	1.27	1.24
Затраты ирригацион-								

Элементы баланса	Г о д ы							
	1962	1964	1970	1973	1977	1979	1983	1986
ной воды на вынос 1 т солей, м <sup>3</sup> /тн	2080	2060	620	890	815	794	1300	1450

Данные табл.2.14 показывают, что на землях Шурузьякского массива до строительства вертикального дренажа складывался небольшой отрицательный баланс с выносом солей из покровного мелкозема 3-4 т/га в год. После массового введения СВД в эксплуатацию темпы рассоления усилены с выносом солей от 4.5 т/га (1964 г.) до 17.0 т/га (1970 г.).

Аналогичный характер водно-солевых балансов наблюдался на землях Сардобинского и Баяутского районов: до ввода СВД на этих землях водно-солевой баланс был положительный с накоплением солей 5-10 т/га; после ввода СВД - он сменился в отрицательную сторону, а темп рассоления составил 3-6 т/га в год.

Усиленный вынос солей из зоны аэрации и снижение минерализации грунтовых вод (см.прилож.8), привело к улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель рассматриваемой зоны. Так, по данным почвенно-солевых съемок Узгипроводхоза, к 1977 г. на Шурузьякском массиве площадь незасоленных и слабозасоленных земель увеличилась в 2.8 раза и достигла 59.2 тыс.га (87 %), против 21.6 тыс.га в 1958 г. Сократились и площади солончаков, средне- и сильнозасоленных почв до 9 % против 66 % в 1958 г. и 33 % - в 1966 г. (табл.2.15).

На Сардобинском массиве, где водоподача на орошаемые поля была несколько ниже, чем на Шурузьякском, процесс рассоления земель протекал медленнее (табл.2.16).

К 1978 г. здесь имелись довольно большие площади средне- и сильнозасоленных земель (28.7 %) и солончаков (19 %). К 1988 г. площади солончаков полностью исчезли, а сильнозасоленных осталось всего 0.6 % (225 га); площади незасоленных земель увеличились до 54 % против 26 % в 1958 г.

Таблица 2.15

Динамика земель по степени засоления  
на Шурузьякском массиве, га/процент

Год	Степень засоления				Неудобья и населен- ные пункты	Всего
	незасо- ленные и слабоза- соленные	средняя	сильная	солончаки		
1952	<u>31880</u> 46.5	<u>7100</u> 10.3	<u>13100</u> 19.3	<u>14700</u> 21.9	<u>1300</u> 2.0	<u>68000</u> 100
1958	<u>21600</u> 32	<u>15200</u> 23.0	<u>15100</u> 22.0	<u>14400</u> 21.0	<u>2100</u> 2.0	<u>68400</u> 100
1966	<u>44400</u> 65	<u>12300</u> 18.0	<u>7300</u> 10	<u>2600</u> 4.0	<u>2.2</u> 3.0	<u>68400</u> 100
1977	<u>58945</u> 86.2	<u>2969</u> 4.5	<u>2152</u> 3.1	<u>1582</u> 2.3	<u>2156</u> 4.0	<u>68404</u> 100
1982	<u>49725</u> 73	<u>11975</u> 17	<u>3875</u> 6	-	<u>2829</u> 4	<u>68404</u> 100
1988	<u>37827</u> 55.3	<u>25720</u> 37.6	<u>2121</u> 3.1	-	<u>2829</u> 4.0	<u>68404</u> 100

Таблица 2.16

Динамика земель по степени засоления почв  
на Сардобинском массиве, га/процент

Год	Степень засоления				Прочие	Всего
	слабая	средняя	сильная	солончаки		
1958	<u>6543</u> 26.2	<u>3714</u> 11.4	<u>9233</u> 28.4	<u>9356</u> 28.8	<u>1728</u> 6.0	<u>32504</u> 100
1966	<u>9104</u> 28.2	<u>4108</u> 16.9	<u>3357</u> 10.3	<u>13300</u> 42.2	<u>1181</u> 4.4	<u>32352</u> 100
1974	<u>11413</u> 25.4	<u>3357</u> 10.3	<u>4165</u> 12.7	<u>10737</u> 33.3	<u>2680</u> 8.3	<u>32352</u> 100
1978	<u>14137</u> 44.0	<u>4596</u> 14.2	<u>4689</u> 14.5	<u>2617</u> 19.0	<u>3235</u> 8.3	<u>32352</u> 100
1982 <sup>x</sup>	<u>22506</u> 60.1	<u>71736</u> 19.2	<u>3500</u> 9.3	<u>4252</u> 11.4	-	<u>37432</u> 100
1988	<u>20138</u> 53.8	<u>17069</u> 45.6	<u>225</u> 0.6	-	-	<u>37432</u> 100

На землях Пахтааральского района, где покровный мелкозем сложен более легкими грунтами, обладающими относительно высокими водо- и солеотдачей, рассоление земель протекало быстрее. Здесь с 1952 по 1966 гг. наблюдалось засоление земель - рост площадей средnezасоленных и солончаковых почв, когда существующий горизонтальный дренаж не обеспечивал отвода грунтовых вод и солей. Массовый ввод СВД начатый в 1966-1967 гг., обеспечил отрицательный водно-солевой баланс и оптимальные условия для проведения рассолительных мероприятий с обеспеченным отводом из покровного мелкозема от 10 до 21 т/га солей в год. Все это привело в 1977 г. к увеличению площадей незасоленных и слабозасоленных земель до 95.8 % орошаемой территории; исчезли солончаки, сократились площади средне- и сильнозасоленных земель (табл.2.17).

Таблица 2.17

Динамика земель по степени засоления на Пахтааральском массиве, га/процент

Годы	Степень засоления				Неудобья, озера и болота	Всего
	незасоленные и слабозасоленные	средняя	сильная	солончаки		
1952-1956	<u>41751</u> 71.8	<u>7628</u> 13.0	<u>6871</u> 11.8	<u>1580</u> 2.8	<u>400</u> 0.680	<u>58230</u> 100
1965-1967	<u>25277</u> 43.4	<u>14145</u> 24.0	<u>5790</u> 10	<u>12223</u> 21	<u>794</u> 0.3	<u>58230</u> 100
1977	<u>55770</u> 95.8	= -	<u>2460</u> 4.2	= -	= -	<u>58230</u> 100
1981	<u>37717</u> 89.0	<u>4375</u> 10.3	<u>313</u> 0.7	= -	= -	<u>42400</u> 100
1982	<u>23734</u> 56	<u>6898</u> 16	<u>10366</u> 24	<u>1417</u> 4	= -	<u>42400</u> 100
1983	<u>23054</u> 55	<u>7042</u> 16	<u>9007</u> 21	<u>3302</u> 8	= -	<u>42405</u> 100
1986	<u>25120</u> 58.3	<u>11070</u> 25.7	<u>6460</u> 15.0	<u>410</u> 1.0	= -	<u>43050</u> 100

По результатам водно-солевых балансов, составленных для различных массивов Голодной степи, где широко внедрены СВД, построен обобщенный график зависимости выноса солей из зоны аэрации от величины промывного режима (рис.2.9). Данные графика показывают, что для обеспечения отрицательного баланса с выносом солей от 5 до 25 т/га отношение суммарной водоподачи к суммарному испарению должно быть не менее 1.05-1.25.

Характерные эпюры содержания легкорастворимых солей и различных ионов по профилю почвогрунтов всей толщи мелкозема для рассматриваемых массивов в многолетнем цикле приведены на рисунках 2.10, 2.11 и 2.12.

Аналогичные темпы рассоления земель при обеспечении промывного режима

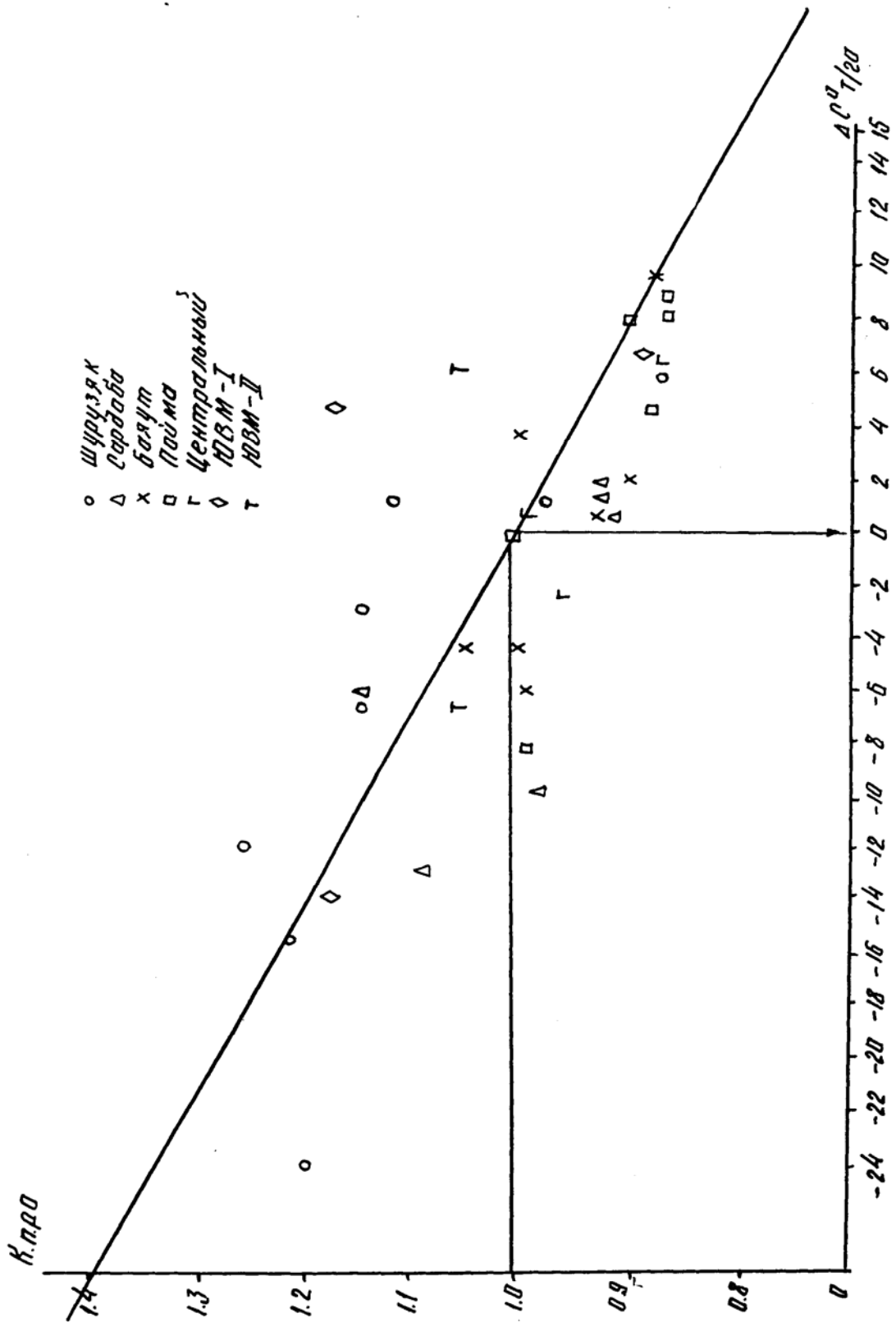


Рис. 2.9. Вынос точек из зоны операции в зависимости от коэффициента проточного режима



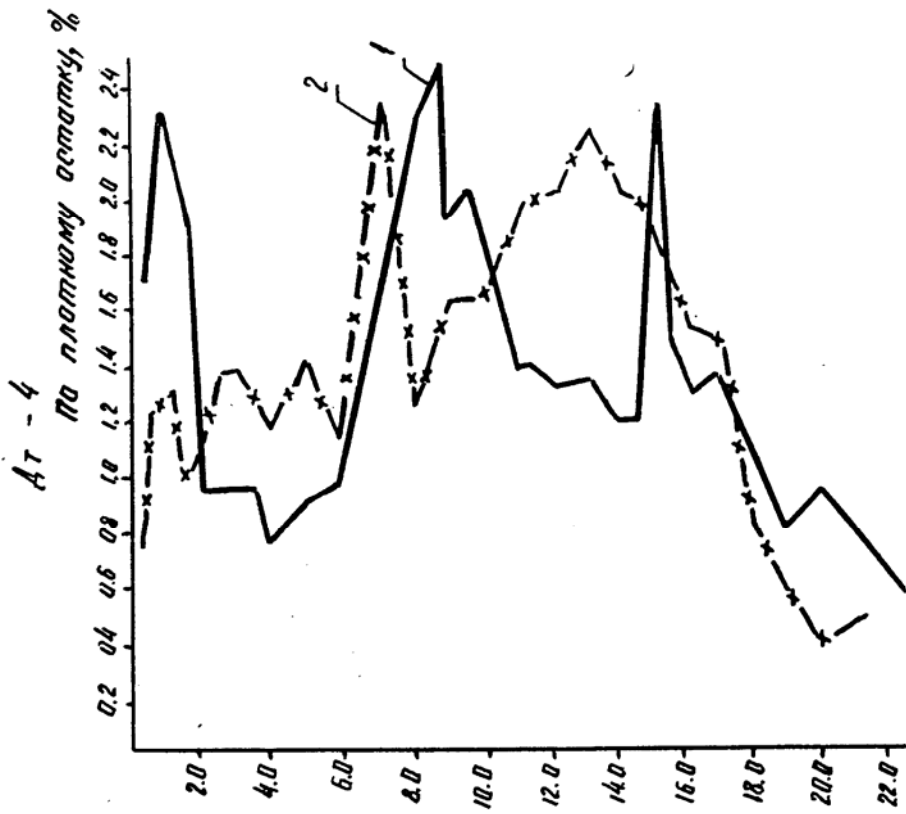
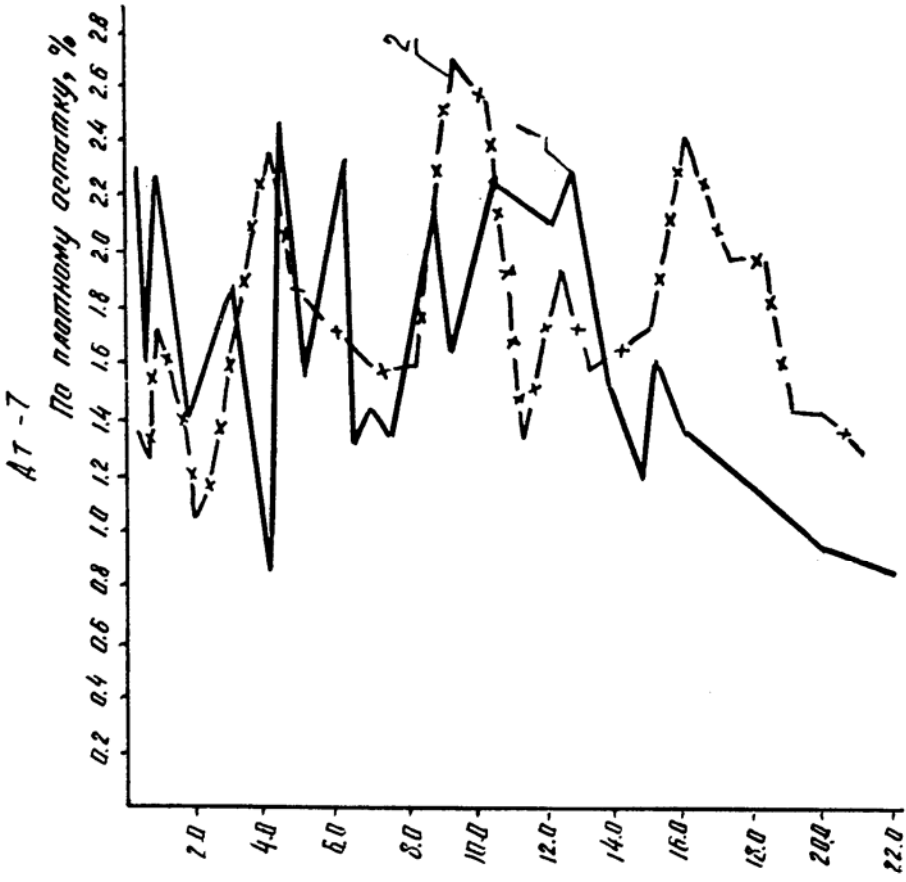


Рис. 2.12. Изменение заделанности почвогрунта на Сордобинском пониении по динамическим точкам АТ-4 и АТ-7; 1 - запасы солей на весну 1971г.; 2 - запасы солей на осень 1981г.

**орошения на фоне хорошо работающего вертикального дренажа за период с 1968 по 1974 гг. поддерживались и на землях Джетысайского и Кировского районов Чимкентской области Казахстана, что отражено на примере солевых эпюр в колхозе “Ленина” Джетысайского района на рис.2.13.**

Однако, начиная с 1981 года началось ухудшение условий эксплуатации СВД, снизились нормы промывных поливов и рост минерализации оросительной воды. На отдельных системах СВД стали проявляться такие негативные процессы, как увеличение площадей средне- и сильнозасоленных почв за счет уменьшения незасоленных и слабозасоленных земель: на примере Пахтааральского массива это отражено в табл.2.17.

В Арысь-Туркестанском массиве, где функционируют СВД в количестве 504 шт, земли, подверженные засолению, расположены в основном в Бугуньском районе, а в хозяйствах Туркестанского района земли опреснены.

По степени засоления земли Бугуньского района относятся к слабо- и средnezасоленным; содержание плотного остатка 0.2-0.5 %, а главной причиной засоления почв является отсутствие промывного режима орошения и недостаточная дренированность территории. Строительство СВД позволило: регулировать уровень грунтовых вод в пределах с 1-2 до 2.5-3.5 м; сократить объем внешнего притока и снизить пьезометрический напор в пределах 0.1-0.3 м ниже УГВ. На орошаемых землях с хлопковой культурой стал применяться промывной режим орошения с коэффициентом  $(B+O_c / ET) = 0.96-1.12$ . При этом запасы солей в зоне аэрации снизились на 10-60 т/га, а содержание легкорастворимых солей по плотному остатку уменьшилось до 0.12 %, т.е. почвы практически опреснены.

Для этого массива разработаны мероприятия по усилению объема отбора подземных вод для рационального сочетания ресурсов поверхностных и подземных вод и перераспределения поверхностных вод между районами и хозяйствами. Так, для маловодных лет обоснован режим откачек СВД, который рекомендуется эксплуатировать с КПП = 0.6-0.72. Определено, что использование откачиваемых вод (минерализация от 0.5 до 1.5 г/л) на орошение в объеме 49.8 млн.м<sup>3</sup> в год позволит сократить водозабор из Туркестанского канала и транспортировать их в нижерасположенные территории и, тем самым, повысить водообеспеченность земли.

Для низовий р.Сырдарьи основной зоной распространения СВД является Кзылкумский массив, расположенный ниже Чардаринского водохранилища, СВД на территории Кзылкумского массива начали строить в 1969 г. С 1978 г. начато строительство их на землях II очереди освоения и к 1980 г. функционировало не менее 275 скважин с суммарным дебитом 11.0 м<sup>3</sup>/с.

В результате исследований эффективности СВД при маломощных покровных отложениях установлено, что их высокая водопроницаемость отрицательно сказывается в случае поддержания автоморфного режима грунтовых вод, когда усиливается инфильтрация. В связи с этим для рассматриваемых условий рекомендуется полугидроморфный мелиоративный режим в период вегетации, и автоморфный - вне вегетации.

В условиях Кзылкумского массива для создания оптимального мелиоративного режима и обеспечения рассоления земель необходимо организовать режим работы СВД следующим образом: для хлопководческих хозяйств обеспечить среднегодовой КПП = 0.6-0.7 и объем откачиваемых вод на валовую площадь 2.6-2.9 тыс.м<sup>3</sup>/га; для



рисоводческих хозяйств - КПП = 0.65-0.75 и объем откачиваемых вод 3.0-3.8 тыс.м<sup>3</sup>/га в год (для отдельных хозяйств до 6.7 тыс.м<sup>3</sup>/га; для животноводческих хозяйств среднегодовой КПП = 0.55-0.65 и объем откачиваемых вод 2.5-7.45 тыс.м<sup>3</sup>/га.

Установлено, что отрицательный водно-солевой баланс на этой территории с выносом 3-5 т/га солей обеспечивается при поддержании промывного режима орошения с общим водопоступлением (В + О<sub>с</sub>) не менее 10.0 тыс.м<sup>3</sup>/га, при отношении В+О<sub>с</sub> : ET не менее 1.3-1.45, а отношение дренажного стока к водоподаче  $D_p : \Sigma B \geq 0.26-0.3$  (рис.2.14).

Для этой зоны характерное изменение динамики солевого режима приведено в таблице 2.18 и рисунке 2.15.

Таблица 2.18

Динамика рассоления земель совхоза “Достык”  
Кзылкумского массива на фоне СВД

Степень засоления почв	1978		1979		1983	
	га	%	га	%	га	%
Незасоленные	57.0	4.3	947.6	70.5	550	41.5
Слабозасоленные	914.0	68.9	250.5	18.7	614	46.2
Среднезасоленные	332	25.0	128.9	10.8	163	12.3
Сильнозасоленные	24	1.8	-	-	-	-
ИТОГО	1327	100	1327	100	1327	100

**Системы вертикального дренажа в бассейне Амударьи**

Для верхнего течения бассейна р.Амударьи эффективность СВД характеризуется результатами опытов, проведенных в колхозе им.Сафарова Хатлонской области Вахшской долины. Здесь геоморфологические условия, литологическое строение несколько более облегченные, чем в Голодной степи. Мощность покровного мелкозема от 6 до 7 м, а коэффициенты фильтрации 0.025-1.0 м/сут. Но исходные почвенно-мелиоративные условия ухудшены - до начала освоения 72 % площади занимали солончаки, 15 % сильнозасоленные с содержанием иона хлора до 0.2-0.4 % и лишь 13 % приходилось на незасоленные и слабозасоленные почвы.

Здесь на фоне вертикального дренажа поддерживался промывной режим орошения нормой 18-21 тыс.м<sup>3</sup>/га, в том числе: в вегетацию поливы, превышающие дефицит на 500-700 м<sup>3</sup>/га, запасной полив нормой 2-3 тыс.м<sup>3</sup>/га; и осенью рассолительный полив нормой 2-3 тыс.м<sup>3</sup>/га. В результате обеспечивался отрицательный солевой баланс территории с выносом 33 т/га солей.

Суммарный отток по СВД составлял от 10 до 16.4 тыс.м<sup>3</sup>/га, а по

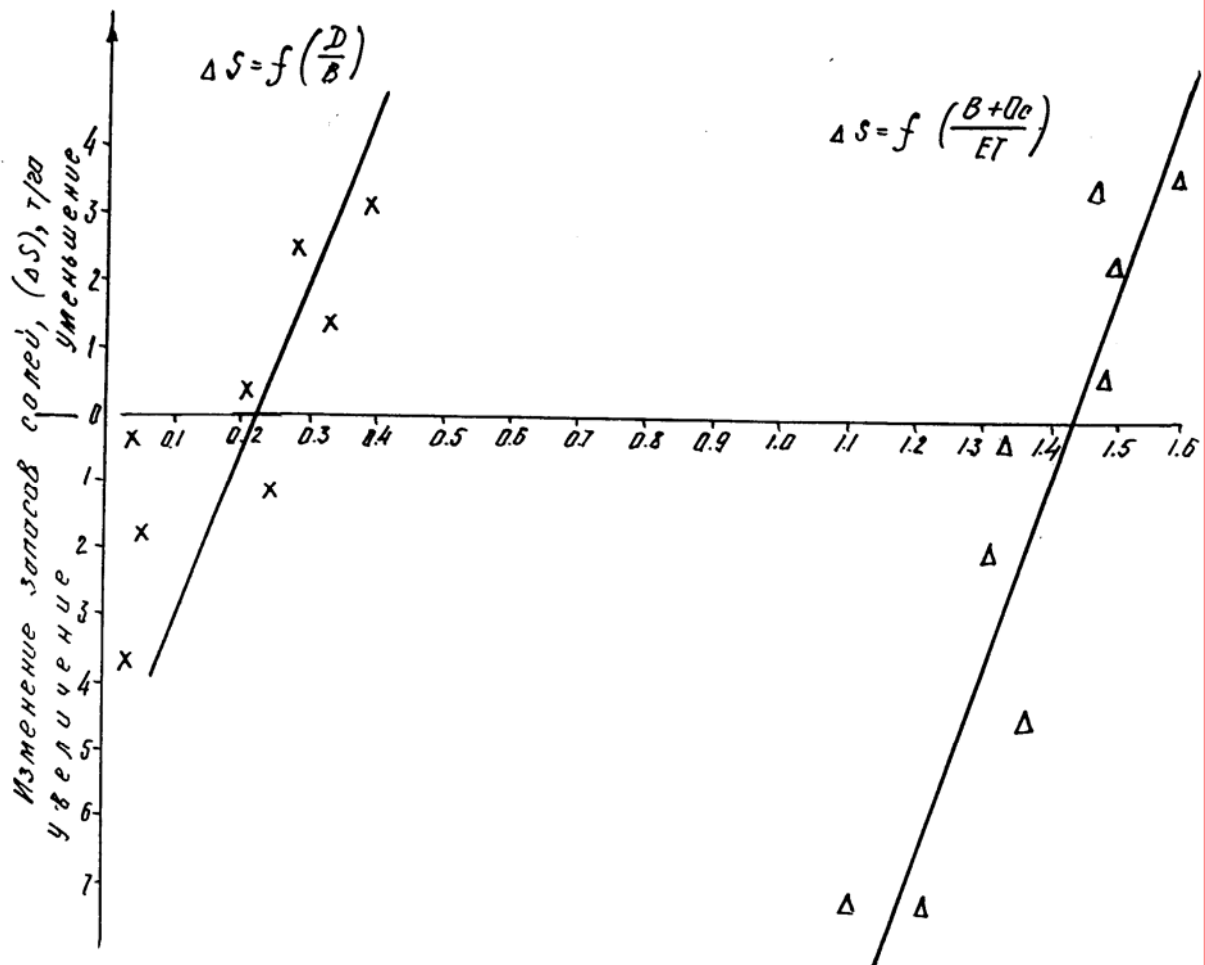
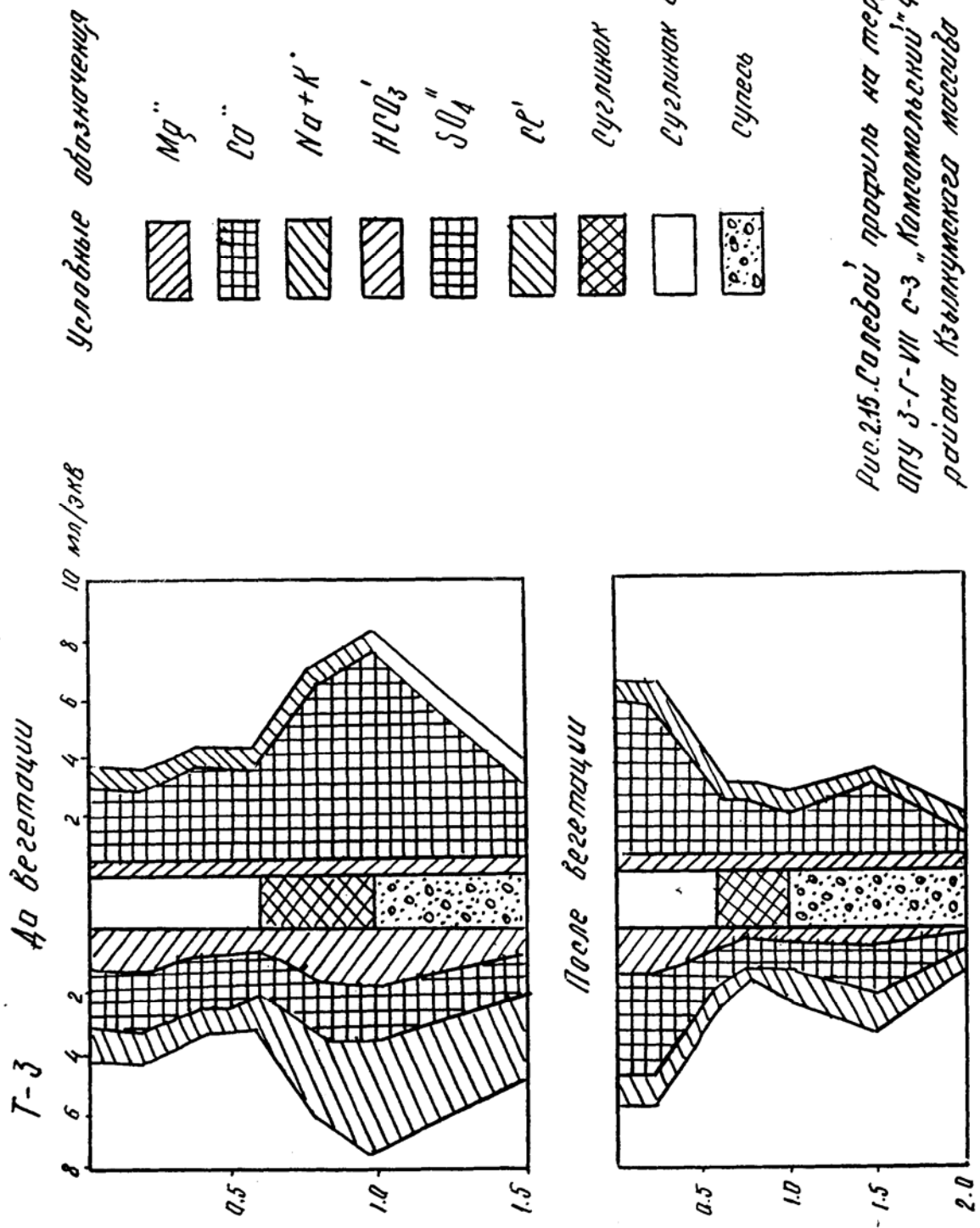


Рис. 2.14. График зависимости изменения запасов солей в балансовом слое от величины отношения дренажного стока (D) к водопадке (B) и суммарной водопадке к суммарному испарению (ET) на Кзылкумском массиве



*Рис. 2.15. Солоевоу профиль на территории  
опу 3-Г-VII с-3 "Каменнольскнй" Чардаринского  
района Кызылжуменого массива*

горизонтальному дренажу от 1580 до 5960 м<sup>3</sup>/га, что обусловлено большим подземным притоком около 10.3 тыс.м<sup>3</sup>/га. СВД позволили регулировать грунтовые воды на 87 % площади на уровне 3 м и ниже.

В результате сезонного отрицательного водно-солевого баланса удалось опреснить всю мелкоземистую толщу до 0.01-0.03 % по иону-хлора.

Динамика рассоления почв на ОПУ СВД по Вахшской долине приведена в табл.2.19., а характерные эпюры на рисунке 2.16.

Таблица 2.19

Площади с различным засолением до и после освоения  
(ОПУ СВД в Вахшской долине Таджикистана)

Почва	Степень засоления по хлору, %	До освоения		После освоения		Мелиоративный эффект, га
		га	%	га	%	
Незасоленные	< 0.03	18	4.5	198	49.5	+180
Слабо- и средnezасоленные	0.03-0.2	15	3.9	122	30.5	+107
Сильнозасоленные	0.2-0.4	79	19.7	40	10	-39
Солончак	0.4-1.0	184	46.0	40	10	-144
Солончак злостный	> 1.0	104	26.0	-	-	104

В среднем течении бассейна р.Амударьи вертикальный дренаж нашел широкое применение в Бухарской области, где в Вабкентском, Бухарском и Каганском районах построены 250 скважин, обеспечивая мелиорацию 51.9 тыс.га земель. Каждая скважина обслуживает в Вабкентском районе в среднем 260, Бухарском - 193 и в Каганском - 185 га земель. Дебит скважин меняется в пределах 40-45 л/с в Вабкентском районе и 25-30 л/с - в Каганском и Бухарском районах.

Зона внедрения вертикального дренажа в этих районах, в отличие от Ферганской долины и Голодной степи, представлена безнапорным и субнапорным водоносным комплексами, состоящими из двухслойных отложений четвертичного периода: сверху маломощным (до 15 м) покровным мелкоземом, который подстилается гравийно-галечниковыми породами с  $K_{\phi} = 40-45$  м/сут. По сложности рассоления почвогрунты покровных отложений относятся к сравнительно простой категории. В табл.2.19<sup>a</sup> приведены геоморфологические, гидравлические и почвенно-мелиоративные характеристики почвогрунтов покровного мелкозема по сложности их рассоления.

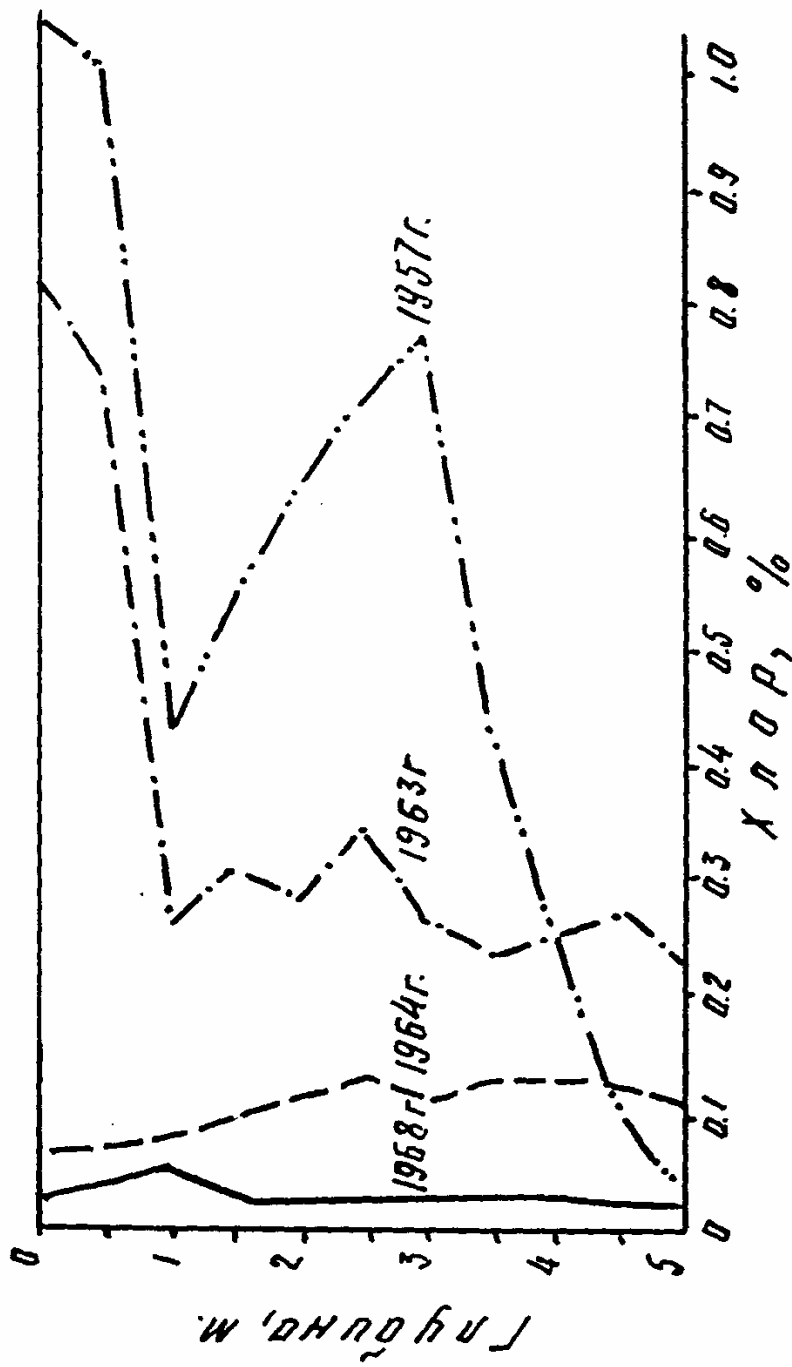


Рис. 2.16. Динамика рассоления почвы-грунта под влиянием вертикального дренажа, протыбок и орошения на опы сор в Балхской долине Таджикистана.



Оценка сложности рассоления почвогрунтов покровных отложений  
районов Бухарской области

Группа факторов	Массивы, административные районы Бухарский, Каганский и Вабкентский районы
1	2

### 1. Геофильтрационные

Мощность покровного мелкозема, м	8-15
Грунты и их сложения	слоистые, легкие, средние суглинки и супеси
$K_{\phi}$ покровных отложений, м/сут	0.5-1.0 и более
Характеристика каптируемого пласта - $T = K_{\phi} \cdot m_{\phi}$	$T = 300-1000$
Фактор перетекания сверху $B = \sqrt{\frac{T \cdot m_{\phi}}{K_{\phi}}}$ , м/сут	$B = 24-250$
Сопротивление покровного мелкозема $\Phi_z = \frac{\sum m_{\phi} \cdot c_{\phi z}}{K_{\phi} c_{\phi z}}$ , сут	$\Phi_z = 20$

### II. Гидравлические

Скорость снижения УГВ, см/сут	0.1-0.25
Интенсивность перетекания при $h-H = 1$ , м/сут $(h - H)$	высокая
$W = K_{\phi} \frac{(h - H)}{m_{\phi}}$	$W > 0.5-0.6$

### III. Почвенно-мелиоративная

Характер распределения солей	поверхностный до 1.0 м
Тип засоления	хлоридно-сульфатный и сульфатный
Степень засоления, % <u>плотный остаток</u>	$\frac{1.2 - 2.2}{0.05-0.82}$
CL	0.05-0.82
Коэффициент водоподачи, М	0.1-0.12
Коэффициент солеотдачи, L	0.75

Почвогрунты покровного мелкозема также обладают хорошими показателями водо- и солеотдачи:  $M = 0.1-0.12$ ,  $L = 0.75-1.5$ .

Засоление почв поверхностное: легкорастворимые соли сосредоточены в основном в активной зоне - до 1.0 м. Тип засоления - сульфатный, а на солончаках и сильнозасоленных почвах - сульфатно-хлоридный.

В Бухарской области вертикальный дренаж предназначен для создания оптимальных условий дренированности территории.

До строительства вертикального дренажа (1964-1965 гг.) грунтовые воды залегали близко (1-2 м) и были высокоминерализованы (5-7 г/л и более), что обусловило склонность земель к вторичному засолению. Открытый горизонтальный дренаж, представленный в основном коллекторами удельной протяженностью 8.46 м/га и фактической глубиной 2-3 м, из-за несвоевременной механической очистки зарастал, заиливался и не мог обеспечить дренированность земель (500-600 м<sup>3</sup>/га в год).

Благодаря улучшению дренированности территории с помощью СВД по состоянию на апрель сократились площади земель с глубиной грунтовых вод 1.4-1.5 м до 15-20 % и увеличились с глубиной грунтовых вод 1.5-2 и 2-3 м до 27 и 40 % соответственно. Площадь земель с минерализацией грунтовых вод до 5 г/л достигла 85-90 % (табл.2.20).

Осенью на орошаемых землях УГВ залегал на глубине 2.7-3.2 м. Такой диапазон их распределения позволил хозяйствам осуществлять промывной режим орошения с оросительной нормой 6.0-6.5 тыс.м<sup>3</sup>/га и промывной нормой 2.5-3.0 тыс.м<sup>3</sup>/га для слабозасоленных, 3.0-4.0 тыс.м<sup>3</sup>/га для средnezасоленных и до 6.0 тыс.м<sup>3</sup>/га для сильнозасоленных земель.

Величина промывного режима ( $B + O_c : ET$ ) в Вабкентском районе составляла от 1.03 до 1.25; в Бухарском районе от 1.01 до 1.21; в Каганском районе от 1.21 до 1.23.

В результате промывного режима орошения на мелиорируемых вертикальным дренажем землях Бухарской области сложился отрицательный водно-солевой баланс с выносом солей по Вабкентскому району - 5.13; по Бухарскому - 5.46 и Каганскому - 9.5 т/га. Дренажный сток при этом составил 4.8; 3.9 и 3.1 тыс.м<sup>3</sup>/га, соответственно, по этим районам (табл.2.21).

Несколько иначе складывался водно-солевой баланс зоны аэрации орошаемого поля. Здесь в невегетационный период за счет зимне-весенних промывных поливов и атмосферных осадков повсеместно происходит интенсивное рассоление зоны аэрации, а в вегетационный период - их незначительное накопление. Но в годовом разрезе солевой баланс зоны аэрации складывается отрицательно с выносом солей до 11 т/га.

В результате обеспечения оптимального режима откачек систем вертикального дренажа, отрицательного водно-солевого баланса на орошаемых землях процесс движения солей стал более динамичным, чем на неорошаемых; в последних общее содержание солей в 2-5 раз больше;

- минерализация грунтовых вод на интенсивно орошаемых землях составила 1.2-3.0 г/л;

- вынос солей из активной толщи покровного мелкозема дренажными системами в 1970 г. составил 18 т/га, а с учетом подземного оттока - 23 т/га; в 1971 г., соответственно, 14.6 и 19.6 т/га;

- площади незасоленных и слабозасоленных земель постоянно увеличивались. К 1971 г. они возросли в 10 раз по отношению к 1960 г., когда не было СВД.

Таблица 2.20

Распределение площадей с различной глубиной залегания грунтовых вод  
на территории, мелиорируемой СВД в Бухарской области

Год	Площ.га %	У Г В , м				
		0-1	1-1.5	1.5-2.0	2.0-3.0	> 3
1	2	3	4	5	6	7

**Вабкентский район**

1976	<u>8812</u>	-	<u>100</u>	<u>810</u>	<u>4672</u>	<u>3230</u>
	100		1.1	9.2	53.0	36.7
1977	<u>10374</u>	-	-	<u>1000</u>	<u>5388</u>	<u>3986</u>
	100			11.5	53.0	36.5
1978	<u>10212</u>	-	-	<u>1856</u>	<u>6356</u>	<u>2000</u>
	100			18.2	62.2	19.6
1979	<u>9176</u>	-	<u>1048</u>	<u>2844</u>	<u>3704</u>	<u>1580</u>
	100		11.4	31.0	40.4	17.2

**Бухарский район**

1976	<u>20708</u>	=	<u>3440</u>	<u>6163</u>	<u>9800</u>	<u>1300</u>
	100	-	16.6	29.8	47.3	6.3
1977	<u>20260</u>	=	<u>3436</u>	<u>4236</u>	<u>9198</u>	<u>3400</u>
	-	-	17.1	22.1	45.8	15.0
1978	<u>10290</u>	<u>1000</u>	<u>2260</u>	<u>4360</u>	<u>10770</u>	<u>1900</u>
	100	11.1	11.1	21.5	53	9.4
1979	<u>20148</u>	<u>1080</u>	<u>6764</u>	<u>6756</u>	<u>5404</u>	<u>144</u>
	100	5.4	33.6	33.5	26.8	0.70

**Каганский район**

1976	<u>23557</u>	<u>173</u>	<u>7098</u>	<u>9014</u>	<u>4697</u>	<u>2575</u>
	100	0.7	30.1	38.2	19.9	11.0
1977	<u>23557</u>	=	<u>475</u>	<u>11125</u>	<u>7717</u>	<u>4239</u>
	100		2.0	47.2	32.7	17.9
1978	<u>23557</u>	<u>405</u>	<u>6360</u>	<u>7077</u>	<u>9425</u>	<u>289</u>
	100	1.7	27	30	40	1.2
1979	<u>23557</u>	<u>1696</u>	<u>4966</u>	<u>9083</u>	<u>6843</u>	<u>969</u>
	100	7.2	21.0	38.6	29.0	4.1
1988	<u>23557</u>	=	=	<u>469</u>	<u>20334</u>	<u>2754</u>
	100	-	-	1.99	86.32	11.69

Таблица 2.21

Исходный и фактический общий водно-солевой баланс территории  
мелиорируемой вертикальным дренажем по Бухарской области

Район	Годы	Един. измер.	Элементы водно-солевого баланса												Итого	Ба- ланс
			приход					Итого	расход					Итого		
			О <sub>с</sub>	В	Ф	В <sub>вд</sub>	В <sub>кдс</sub>		Е <sub>тв</sub>	Д <sub>в</sub>	Д <sub>г</sub>	С	П - О			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Вабкентский	Исход.															
	1964-	м <sup>3</sup> /га	<u>1090</u>	<u>5586</u>	<u>2680</u>	-	-	<u>9356</u>	<u>8213</u>	-	<u>626</u>	-	<u>517</u>	<u>9356</u>	-	
	1965 гг.	т/га	-	3.68	1.76			5.44	-		2.35		1.26	3.61	+1.83	
Вабкентский	1976-	м <sup>3</sup> /га	<u>1400</u>	<u>8630</u>	<u>3729</u>	<u>280</u>	<u>104</u>	<u>14143</u>	<u>8022</u>	<u>2325</u>	<u>2480</u>	<u>292</u>	<u>394</u>	<u>13513</u>	<u>+630</u>	
	1978 гг.	т/га	-	6.64	2.95	0.89	0.34	10.82	-	8.05	6.57	0.28	1.05	15.95	-5.13	
	1987 г.	м <sup>3</sup> /га	<u>1991</u>	<u>8788</u>	<u>2635</u>	-	-	<u>13414</u>	<u>7237</u>	<u>1170</u>	<u>643</u>	<u>1318</u>	-	<u>10368</u>	<u>+3046</u>	
		т/га	-	10.06	3.03			13.08	-	4.45	1.59	1.56		7.7	+5.4	
Бухарский	Исход.															
	1964-	м <sup>3</sup> /га	<u>1090</u>	<u>6121</u>	<u>1667</u>	-	-	<u>8879</u>	-	-	<u>540</u>	-	<u>60</u>	<u>600</u>	<u>600</u>	
	1965 гг.	т/га	-	4.06	1.11			5.17			2.11		0.41	2.52	+2.65	
Бухарский	1976-	м <sup>3</sup> /га	<u>1397</u>	<u>7639</u>	<u>2999</u>	<u>244</u>	<u>88</u>	<u>12347</u>	<u>8166</u>	<u>1369</u>	<u>2529</u>	<u>629</u>	<u>143</u>	<u>12836</u>	<u>-489</u>	
	1978 гг.	т/га	-	7.6	3.02	0.59	0.38	11.59	-	3.96	11.96	0.73	0.41	17.05	-5.46	
	1987 г.	м <sup>3</sup> /га	<u>1991</u>	<u>9910</u>	<u>1856</u>	-	-	<u>13757</u>	<u>8167</u>	<u>2413</u>	<u>53</u>	<u>1485</u>	-	<u>12118</u>	<u>+1639</u>	
		т/га	-	11.1	2.0			13.18	-	6.61	-	1.64		8.25	+4.91	

Продолжение табл.2.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Каганский	Исход.														
	1964-	$\frac{м^3}{Га}$	<u>1090</u>	<u>6401</u>	<u>1377</u>	-	-	<u>8868</u>	<u>8405</u>	-	<u>463</u>	-	-	<u>8869</u>	<u>-</u>
	1965 гг.	т/га	-	4.24	0.91			5.15	-		1.8			1.8	3.3
	1976-	$\frac{м^3}{Га}$	<u>1396</u>	<u>5538</u>	<u>2565</u>	<u>237</u>	<u>75</u>	<u>9811</u>	<u>6881</u>	<u>1560</u>	<u>1501</u>	<u>216</u>	-	<u>10158</u>	<u>-347</u>
	1978 гг.	т/га	-	4.68	2.24	0.82	0.53	8.27	-	5.34	12.22	0.21		17.77	-9.5
	1987 г.	$\frac{м^3}{Га}$	<u>2024</u>	<u>6542</u>	<u>1315</u>	-	-	<u>9881</u>	<u>6778</u>	<u>884</u>	<u>1238</u>	<u>981</u>	-	<u>9881</u>	<u>-</u>
		т/га	-	7.05	1.42			8.47	-	2.13	6.49	1.09		9.71	1.24

Но за последние годы и в СВД в Бухарской области отмечается ухудшение условий их эксплуатации, о чем уже говорилось выше в разделе 2.2.4 на примере Каганского района. Поэтому для этого района на основании прогнозных расчетов общих и частных водно-солевых балансов разработаны конкретные рекомендации по улучшению мелиоративных режимов и откорректированному режиму работы СВД, который обеспечивает:

- при - объеме водоподачи на орошаемое поле 8600 м<sup>3</sup>/га в год;
  - довести объем откачки до 2280 м<sup>3</sup>/га в год;
  - регулирование УГВ в период вегетации в пределах 2.10-2.66 м; весной 1.8-2.45 м; осенью - 2.7-2.85 м; соответственно снижение суммарного испарения с орошаемых полей;
  - ежегодное уменьшение общих запасов солей в зоне аэрации до 89.4 т/га.
- Результаты прогнозных расчетов представлены в табл.2.22.

Таблица 2.22

Прогнозируемые водно-солевые балансы Каганского района  
при повышенном уровне водообеспеченности  
в невегетационный период

Элементы водно-солевого баланса	Вегетационный период		Невегетацион.период		За год	
	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га
<b><u>Общие балансы</u></b>						
<b><u>Приход</u></b>						
O <sub>c</sub>	252	-	1138	-	1390	-
B	4500	4.64	2780	3.0	7280	7.64
Φ <sub>м/х</sub>	1051	1.02	553	0.6	1604	1.62
Φ <sub>смк</sub>	663	0.64	434	0.47	1097	1.11
<b>ИТОГО</b>	<b>6466</b>	<b>6.3</b>	<b>4905</b>	<b>4.07</b>	<b>11371</b>	<b>10.37</b>
<b><u>Расход</u></b>						
ET	5873	-	818	-	6691	-
D <sub>в</sub>	1257	8.12	1026	5.8	2283	13.92
D <sub>г</sub>	666	4.30	537	3.03	1203	7.33
C <sub>п</sub>	779	0.76	417	0.45	1196	1.21
<b>ИТОГО</b>	<b>8575</b>	<b>13.18</b>	<b>2799</b>	<b>9.28</b>	<b>11374</b>	<b>22.46</b>
<b>БАЛАНС</b>	<b>-2108</b>	<b>-6.88</b>	<b>+2106</b>	<b>-5.21</b>	<b>0</b>	<b>-12.09</b>
<b><u>Баланс зоны аэрации орошаемого поля</u></b>						
O <sub>c</sub>	252	-	1138	-	1390	-
B	5400	6.44	3200	3.72	8600	10.16
Φ <sub>в/х</sub>	342	-	194	-	536	-

Элементы водно-со- левого баланса	Вегетационный период		Невегетацион.период		За год	
	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га	м <sup>3</sup> /га	т/га
ЕГ	6754	-	817	-	7572	-
С <sub>п</sub>	809	0.91	480	0.55	1289	1.46
$\pm W_a(\Delta C^0)$	-1393	+5.8	+1393	-94.2	0	-89.4
$\pm g (Cg)$	+346	-8.92	-3946	-144.0	-3600	-152.32
	S <sub>n</sub> <sup>a</sup> =0.35	S <sub>n</sub> <sup>a</sup> =0.35	S <sub>n</sub> <sup>a</sup> =0.64	S <sub>n</sub> <sup>a</sup> =0.35	S <sub>n</sub> <sup>a</sup> =0.64	S <sub>n</sub> <sup>a</sup> =0.35

Таким образом, построенные СВД позволили регулировать уровни грунтовых и подземных вод, которые также послужили дополнительным источником в повышении водообеспеченности территории. Обеспечение высокой дренированности территории и применение промывного режима орошения позволило регулировать водно-воздушные, питательные и солевые режимы почв в оптимальных пределах; достигнуто стабильное рассоление и в зоне аэрации и во всем покровном мелкоземе.

## 2.2.6. Изменение минерализации и химического состава откачиваемых вод при длительной эксплуатации систем вертикального дренажа

Изменение минерализации и химического состава солей откачиваемых вод является одним из основных показателей, характеризующих процесс рассоления почвогрунтов покровного мелкозема и интенсивность водо- и солеобмена между грунтовой водой и напорными водами каптируемого пласта.

В процессе эксплуатации СВД общая минерализация и качественный состав вод каптируемого пласта резко меняются. Темпы изменения общей минерализации и качественного состава откачиваемых вод зависят от многих условий, в частности:

- исходного содержания и состава легкорастворимых солей в почвогрунтах покровного мелкозема;
- эпюры распределения запасов солей в покровных отложениях;
- характеристики почвогрунтов покровных отложений (проводимости, солеотдачи и др.);
- скорости водообмена между грунтовой водой и водой каптируемого пласта;
- размера внешнего притока подземных вод и режима их химизма;
- исходной минерализации и состава солей подземных и грунтовых вод;
- уровня эксплуатации СВД, а также объема рассоляющих мероприятий (характера промывок и промывного режима орошения).

В прилож.9 приведено изменение минерализации откачиваемых вод по всем представленным пилотным участкам в зависимости от природно-хозяйственных, геоморфолого-литологических, гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условий объектов.

Результаты, представленные в прилож.9, показывают, что в зависимости от сложности рассоления покровного мелкозема и других вышеназванных исходных

факторов, при эксплуатации СВД на отдельных ОПУ отмечалось постепенное снижение минерализации, на других - повышение минерализации откачиваемых вод.

В Чуйской долине, где покровный мелкозем отличается хорошей проницаемостью отложений, а исходная минерализация грунтовых вод колебалась от 3 до 30 г/л, содержание легкорастворимых солей составляло 0.5-1.2 % по плотному остатку со следами соды, отмечается лишь незначительное изменение минерализации откачиваемых вод (индекс ОПУ 02.1. Кыргыз.).

В верхнем течении р.Сырдарьи в условиях Ферганской долины, где как уже отмечено в предыдущей главе, покровный мелкозем представлен более простыми категориями по условиям рассоления почвогрунтов, минерализация откачиваемых вод подвержена быстрым изменениям. При этом и здесь диапазон изменения качества откачиваемых вод зависит от содержания легкорастворимых солей в покровных отложениях.

На скважинах, расположенных в пределах Ташлакского и Кувинского районов, где покровный мелкозем представлен незасоленными почвогрунтами с пресной грунтовой водой (до 1.5 г/л), формируется стабильный тип изменения минерализации откачиваемых вод с незначительным колебанием в процессе длительной эксплуатации СВД: в пределах 0.3-0.5 г/л. (Примером служат данные по ОПУ 02.17.Уз., прилож.9).

На землях Кировского (Бешарыкского) района, где в покровных отложениях содержатся значительные запасы легкорастворимых солей, минерализация откачиваемых по СВД вод претерпевает большие и быстрые изменения. На скважинах этой зоны, в зависимости от исходных запасов солей в покровных мелкоземах, формируется два типа изменения минерализации откачиваемых вод:

- интенсивное - скачкообразное. Этот тип изменения качества откачиваемых вод наблюдается на массивах, где в зоне аэрации покровного мелкозема сосредоточены большие запасы легкорастворимых солей. В этих условиях остановки определенного количества скважин в системах и пуск их в эксплуатацию вызывают резкое изменение минерализации откачиваемых вод: в начальный период эксплуатации наблюдается нарастание, продолжительность которого составляет 6-7 лет, а затем спад. После длительной остановки системы запуск в эксплуатацию вызывает вторичный рост минерализации откачиваемых вод;

- умеренное скачкообразное с меньшим диапазоном колебаний (0.3-0.5 г/л). Этот тип изменения минерализации откачиваемых вод формируется в условиях незначительных запасов солей в покровных отложениях.

На скважинах Багдадского района в зависимости от запасов солей в покровных отложениях также наблюдаются две формы изменения минерализации откачиваемых вод:

- длительное умеренное нарастание минерализации, формируемое в условиях значительного содержания легкорастворимых солей в зоне аэрации;

- стабильное незначительное изменение качества откачиваемых вод, которое формируется на скважинах, расположенных в рассоленных пресных почвогрунтах.

В пределах среднего течения бассейна р.Сырдарьи по изменению минерализации откачиваемых вод тоже можно выделить несколько характерных типов.

В старой зоне орошения Голодной степи по характеру эпюр распределения запасов солей в покровных отложениях, формирования и гидрохимического режима подземных вод каптируемого пласта, а также водно-физическим свойствам (сложности рассоления мелкозема) выделяются три крупных района, о чем сказано в предыдущей главе.

1. Северо-восточная часть Голодной степи - Шурузьякский и частично Баяутский массивы, площадью 85-90 тыс.га с исходной минерализацией воды каптируемого



пласта от 1.2 до 3.5 г/л (местами и выше). Тип минерализации гидрокарбонатный или хлоридно-сульфатный. Основное содержание легкорастворимых солей распределено в зоне аэрации. Грунтовые воды имеют высокую минерализацию в верхних слоях (10-15 г/л и более), что в несколько раз превышает таковую для откачиваемых вод.

Многолетние наблюдения за изменениями минерализации и химического состава откачиваемых подземных вод показали, что в условиях усиленного подземного притока со стороны до 1.5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год в процессе эксплуатации систем происходил постепенный рост минерализации откачиваемых вод.

На Шурузьякском массиве за 20 лет эксплуатации СВД минерализация откачиваемых вод увеличилась с 0.8-1.5 до 2.5-3.7 г/л по плотному остатку и с 0.2 - 0.4 до 0.5-0.8 г/л по иону хлора (рис.2.17). При этом более интенсивный рост минерализации наблюдается на скважинах, расположенных непосредственно на орошаемых полях, тогда как на скважинах, расположенных вблизи крупных каналов, их величины почти не меняются. Так, минерализация воды из скважины № 1, расположенной в 50 м от Шурузьякского межхозяйственного распределителя, за 20 лет эксплуатации практически не изменилась. Более того, на указанных скважинах прослеживается резкое снижение минерализации откачиваемых вод после каждой их длительной остановки (10-15 дней).

Судя по материалам исследований, длительность роста минерализации откачиваемых вод в условиях Шурузьякского массива составляет 13-15 лет, после чего наступает сначала стабилизация, а затем медленное снижение количества выносимых солей.

2. Центральная часть Голодной степи - Сардобинское и Каройское понижение площадью около 50 тыс.га с исходной минерализацией подземных вод каптируемого пласта 4.5-8.0 г/л. Тип минерализации сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный. Подземный приток со стороны отсутствует. Исходная минерализация грунтовых вод либо совпадает, либо значительно превышает (в 4 раза) минерализацию воды, откачиваемой из скважин вертикального дренажа. Легкорастворимые соли здесь распределены равномерно по всему профилю покровного мелкозема, а их содержание изменяется в пределах 2.5-3.5 % по плотному остатку. По сложности рассоления покровные отложения отнесены к весьма сложной категории, процесс влаго- и солеобмена здесь протекает в очень замедленном темпе. В этой зоне выделяются 3 типа изменения минерализации откачиваемых вод:

- медленное снижение минерализации. Этот тип изменения качества откачиваемых вод формируется на староорошаемых массивах при близких по величине минерализациях грунтовых вод и вод каптируемого пласта и при относительно низком уровне эксплуатации системы (КПР = 0.4-0.5);

- стабильный - без особого изменения минерализации откачиваемых вод. Формируется на староорошаемых массивах при низком уровне эксплуатации СВД (КПР = 0.2-0.3). В таких условиях водообмен между грунтовой и подземной водой настолько замедленный, что количество солей, выносимое из покровного мелкозема в каптируемый пласт, не вызывает изменения минерализации откачиваемых вод;

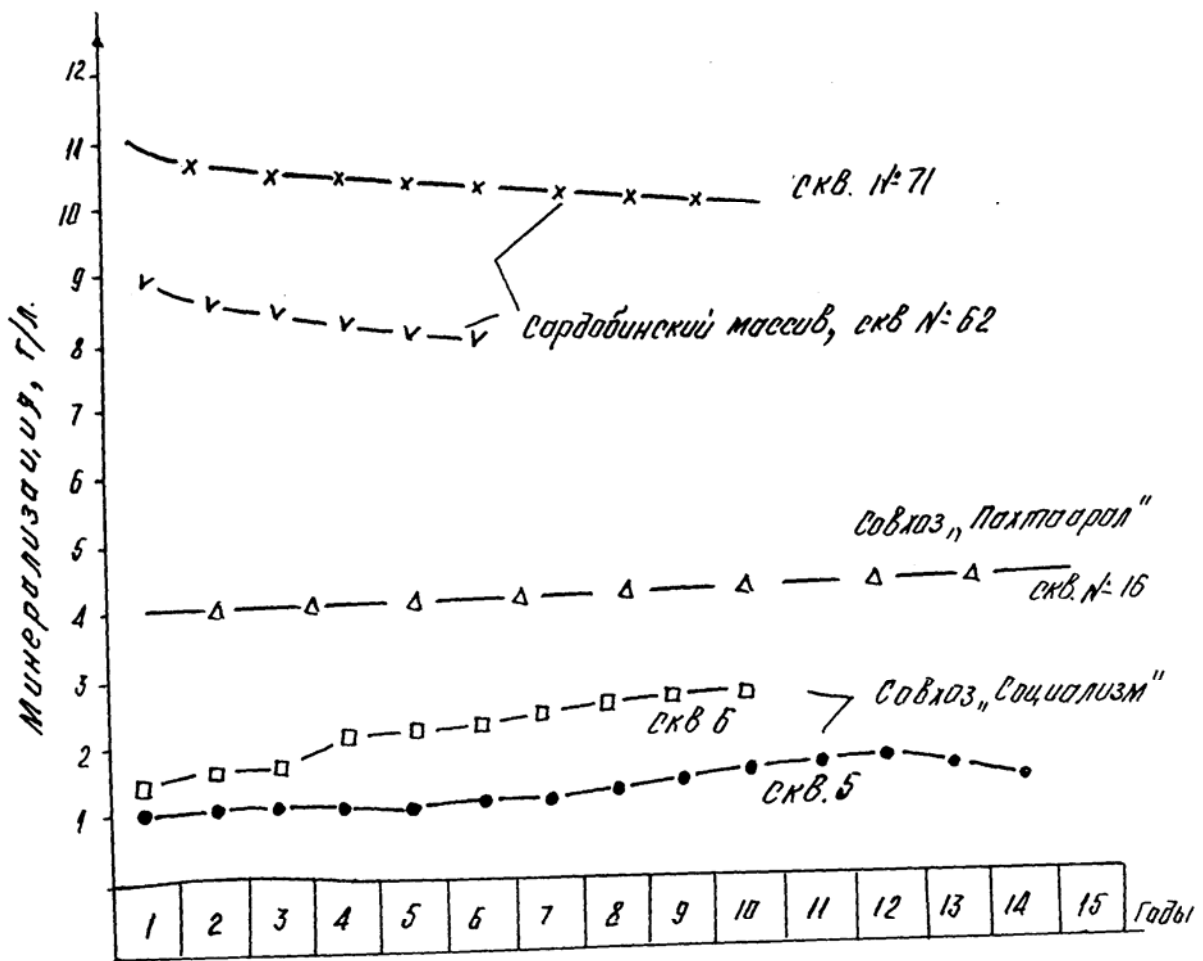


Рис. 2.17. Динамика минерализации откачиваемых вод в условиях Галадской степи

- нарастание минерализации. - Этот тип встречается на староорошаемых землях с относительно низкой минерализацией вод каптируемого пласта при нормальном уровне эксплуатации систем (КПР = 0.6-0.7). В частности, на Сардобинском массиве эти земли расположены вблизи межхозяйственных каналов, действующих длительный период (более 25-30 лет).

3. Северо-западная часть Голодной степи - Пахтааральский, Джетысайский и Кировский районы Чимкентской области с валовой площадью около 175 тыс.га. Минерализация каптируемого водоносного пласта изменяется в широких пределах: 3.5-7.0 г/л и более. Меньшая минерализация присуща скважинам, расположенным вблизи р.Сырдарьи, а большая - в Каройском понижении. Тип минерализации - сульфатный. Исходная минерализация грунтовых вод в большинстве своем совпадает или несколько превышает минерализацию откачиваемых вод, что характерно для зон, где подземные воды формируются в основном за счет инфильтрации оросительных вод. По сложности рассоления почвы покровного мелкозема отнесены к простым категориям. Здесь наблюдаются 2 типа эпюр распределения солей по профилю: равномерное распределение запасов солей на всю мощность покровного мелкозема; и эпюра с двумя максимумами накопления солей: в зоне аэрации и на глубине от 6-7 до 10-12 м.

В пределах этой зоны Голодной степи установлены следующие особенности в изменении минерализации откачиваемых вод:

- стабильный тип, формируемый в условиях староорошаемых земель, когда минерализация грунтовых вод и вод каптируемого пласта совпадает. Сюда входят скважины, расположенные в хозяйствах Пахтааральского и Джетысайского районов. Исключением являются скважины, эксплуатируемые на территории Сардобинского и Каройского понижений;

- стабильное нарастание минерализации. Оно присуще землям с невысокой минерализацией подземных вод в исходном состоянии, но имеющим определенные запасы легкорастворимых солей в покровных отложениях. Такой тип наблюдается в скважинах, расположенных в водораздельной части Кировского района, т.е. вблизи Кировского магистрального канала и крупных межхозяйственных распределителей;

- стабильное снижение минерализации. Формируется на землях с исходной высокой минерализацией вод каптируемого пласта при ограниченном содержании легкорастворимых солей в покровных отложениях. Такой тип встречается в скважинах, расположенных вблизи Кзылкумов и в Каройском понижении.

Арысь-Туркестанский массив, где эксплуатируется 504 скважины вертикального дренажа на площади 52400 га, характеризуется хорошей проводимостью грунтов покровного мелкозема и слабозасоленными почвами с плотным остатком 02.-0.5 % и невысокой исходной минерализацией грунтовых вод в пределах 2-5 г/л. В этой зоне гидрохимический режим откачиваемых вод формируется по типу стабильного - вода остается почти пресной - 0.5-1.5 г/л, редко повышаясь до 2.5 г/л при эксплуатации СВД (см.ОПУ 02.1 и 02.2. Каз. и 02.14. Уз.).

В низовьях р.Сырдарьи - на Кзылкумском массиве эксплуатируется около 275 СВД в условиях маломощных (0.1-11 м) покровных отложений, обладающих повышенной проводимостью. Легкорастворимые соли здесь распределены на поверхности почв с содержанием плотного остатка от 0.3 до 1.0 %. Исходная минерализация грунтовых вод невысокая - от 2 до 5.0 г/л. По сложности рассоления почвогрунтов покровного мелкозема данная зона относится к очень простой категории, поэтому минерализация откачиваемых вод при длительной эксплуатации систем оставалась почти неизменной - на уровне исходной величины, составляющей 0.8-1.0 г/л. Только в отдельных скважинах на рисовых системах наблюдались подземные воды

с минерализацией в пределах 1-3.5 г/л, которая за период эксплуатации оставалась стабильно неизменной.

В верхнем течении бассейна р.Амударьи - в Вахшской долине покровный мелкозем представлен средне- и сильнозасоленными почвами с содержанием легкорастворимых солей от 2.5 до 3 % и относительно низкой проводимостью грунтов, минерализация грунтовых вод повышенная - 10-50 г/л и более, т.е. эту зону можно отнести к сложной категории рассоления.

В скважинах, расположенных в этой зоне, отмечается повышение минерализации откачиваемых вод до 10.4 г/л против исходной 6.0 г/л в течение эксплуатационного периода.

Характерный режим откачек СВД, изменение минерализации и химического состава откачиваемых вод для этой зоны приведены в таблицах 2.23 и 2.24.

Таблица 2.23

Количество суток работы СВД на ОУВД  
и объем откаченных ими грунтовых вод, тыс.м<sup>3</sup>

Годы	СДВ - 1		СДВ - 2		СДВ - 3		Всего	
	продол- житель- ность работы	объем откачен- ной воды	продол- житель- ность работы	объем откачен- ной воды	продол- житель- ность работы	объем откачен- ной воды	продол- житель- ность работы	объем откачен- ной воды
1964	68	665	267	2882	306	3402	641	6949
1965	108	1006	163	1649	137	1390	408	4045
1966	173	1527	167	1643	158	1457	498	4627
1967	120	964	232	1890	129	1067	481	3921
1968	205	1563	226	1771	261	2468	692	5803
Всего	674	5725	1055	9836	991	9784	2720	2345

Таблица 2.24

Минерализация дренажной воды (СВД-2)  
и дебит дрены в период проведения промывок

Месяцы	Дебит, л/сек	Минерализация, г/л						
		плотный остаток	HCO <sub>3</sub>	CL	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na
Декабрь	111	5.80	0.24	1.53	2.23	0.39	0.74	0.33
Январь	118	7.80	0.25	1.56	3.60	0.39	0.41	1.62

Месяцы	Дебит, л/сек	Минерализация, г/л						
		плотный остаток	HCO <sub>3</sub>	CL	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na
Февраль	128	8.60	0.24	1.58	4.05	0.44	0.44	1.72
Март	132	10.40	0.18	1.59	4.83	0.49	0.53	1.35
Апрель	135	8.58	0.07	1.91	3.84	0.63	0.26	1.87
Май	136	4.88	0.24	1.71	1.61	0.09	0.36	0.83
Июнь	136	6.89	0.28	1.93	2.55	0.48	0.48	1.17
Июль	136	6.29	0.33	1.78	2.20	0.56	0.33	1.08

В среднем течении Амударьи - в Бухарской области, где функционируют 250 СВД на площади 52.0 тыс.га, условия рассоления покровного мелкозема более просты; здесь легкорастворимые соли накоплены в верхнем активном слое до 1.0 м. Минерализация грунтовых вод от 1.2 до 10 г/л, иногда достигает 40 г/л.

На отдельных скважинах в этой зоне наблюдается стабильный тип гидрохимического режима, минерализация остается близкой к исходной, составляющей 1.5-3.0 г/л (ОПУ 02.31. Уз.).

На землях с повышенным засолением наблюдается повышение минерализации откачиваемых вод в течение 13-15 лет эксплуатации, а затем наступает стабилизация. Так, в Каганском районе Бухарской области на отдельных скважинах произошло нарастание минерализации с 1.0-3.0 г/л до 3-8 г/л (ОПУ 02.40. Уз., прилож.9).

Обобщение представленных натуральных исследований по изучению гидрохимического режима откачиваемых вод при длительной эксплуатации скважин вертикального дренажа как в условиях ОПУ, так и на крупных системах показало, что можно выделить три периода в формировании качества откачиваемых вод: а) увеличение минерализации; б) относительная стабилизация; в) снижение минерализации.

## 2.2.7. Использование откачиваемых вод на орошение и промывки

В 1966-1986 гг. в пределах Узбекистана, Казахской части Голодной степи, в Арысь-Туркестанском массиве Чимкентской области и Кзылкумском массиве, а также низовьев Сырдарьи построены и эксплуатируются более 5000 скважин вертикального дренажа и более 9.0 тыс.скважин на воду, основная часть которых работает и в маловодные годы. Только скважинами вертикального дренажа ежегодно откачивается около 2.8 км<sup>3</sup> воды (на уровень до 1990 г.), а в перспективе возможно довести объемы откачек до 6.64 км<sup>3</sup> в год (табл.2.25).

Таблица 2.25

Развитие вертикального дренажа и перспективы  
использования откачиваемых вод

Область	Вертикальный дренаж на 01.01.86 г.				Вертикальный дренаж в перспективе			
	кол-во сква- жин, шт	мощ- ность, м <sup>3</sup> /с	сток, млн.м <sup>3</sup> общий   возмож- ный к ис- пользо- ванию		кол-во сква- жин, шт	мощ- ность, м <sup>3</sup> /с	сток, млн.м <sup>3</sup> общий   возмож- ный к ис- пользо- ванию	
Андижанская	279	7.2	286.5	-	580	40	864	328
Ферганская	768	19.0	514	-	840	20	432	216
Наманганская	115	2.6	96	-	315	15	324	162
Ташкентская	157	5.8	114.8	-	152	11	238	119
Джизакская	144	2.6	33.2	-	300	10	200	20
Голодная степь <sup>x</sup>	2000	53.2	1063	-	2102	107	2310	810
Самаркандская	81	1.5	20.5	-	140	7	151	76
Бухарская <sup>x</sup>	445	13.6	157	-	728	26	562	280
Кашкадарьинская	358	7.0	85	-	763	23	497	215
Республика Кара- калпакстан	-	-	-	-	155	5	108	54
<b>ИТОГО</b>	<b>4391</b>	<b>108.8</b>	<b>2434</b>	<b>1590</b>	<b>7540</b>	<b>280</b>	<b>5832</b>	<b>2488</b>
Арысь-Туркестанс- кий массив Чим- кентской области	504	3.5	95.0	95	600	10	270.5	200
Низовья Сырдарьи Кызылкумский массив	275	11.0	298	290	350	20	540	450
<b>ВСЕГО</b>	<b>5170</b>	<b>123.3</b>	<b>2827</b>	<b>1975</b>	<b>8490</b>	<b>310</b>	<b>6642.5</b>	<b>3138</b>

**Примечание:** <sup>x</sup> - В Сырдарьинскую область включены скважины, расположенные в северо-западной части Голодной степи, сходящие в состав Казахстана, а в Бухарскую область - скважины Навоийской области.

На большей части территории Узбекистана, Кыргызстана в Арысь-Туркестанском и Кзылкумском массиве и низовьев р.Сырдарьи Казахстана минерализация откачиваемых вод колеблется от 0.3 до 3.0 г/л. В предыдущей главе приведена многолетняя динамика минерализации откачиваемых вод по всем представленным опытно-производственным участкам и крупным системам ВД. Данные показывают, что из 28 объектов, приведенных по региону, в 18-20 объектах минерализация откачиваемых вод сохраняется стабильно на уровне 0.8-2.0 г/л за весь период (15-25 лет) эксплуатации СВД.

Т.е. в большинстве из них соленость откачиваемых подземных вод находится в пределах, допустимых для орошения и промывок величин, и только на отдельных территориях, таких как Сардобинский, Центральный массивы (ОПУ 02.04. Уз., Калюжная Н.И.) и северо-западные районы Голодной степи (ОПУ 02.12. Уз., 02.7. Уз.), Хатлонская область Таджикистана (02.1. Тадж.) она достигает 5-7 и редко 10-12 г/л.

Оценка качества откачиваемых вод по скважинам, эксплуатируемым в крупных системах вертикального дренажа выполненная по различным отечественным и зарубежным методам показывает пригодность их к использованию для целей орошения и промывок (табл.2.26). По данным этой таблицы видно, что в большинстве районов развитие вертикального дренажа и использование откачиваемых вод на орошение и промывки не создает опасности осолонцевания. Тем более, если учесть, что она используется только в течение короткого периода (3-4 месяца), а остальное время отводится за пределы территории.

Но возможность использования минерализованных вод, в т.ч. подземных, должна быть доказана натурными экспериментами для условий конкретного объекта с учетом природно-хозяйственных особенностей. В условиях Центральноазиатских республик накоплен определенный опыт применения грунтовых и подземных вод для орошения сельхозкультур и промывок засоленных земель.

САНИИРИ в 1965-1970 гг. проводил в совхозе "Пахтаарал" Голодной степи исследования по использованию откачиваемых минерализованных (4-6 г/л) вод на полив хлопчатника и промывку засоленных земель на площади 50 га. Исходное содержание легкорастворимых солей в корнеобитаемом слое составляло от 0.6-0.8 до 1.2-2.0 % по плотному остатку и 0.08-0.13 % по иону хлора. Тип засоления - хлоридно-сульфатный.

### **Результаты натурных исследований** **использования откачиваемых вод на промывку**

Промывка проводилась с 12 октября по 20 декабря в три приема общей нормой 7600 м<sup>3</sup>/га. Для первого и второго поливов нормой 3600 и 2000 м<sup>3</sup>/га была использована откачиваемая вода с минерализацией 4.5 г/л. Третий полив проводился оросительной нормой 2000 м<sup>3</sup>/га, с учетом атмосферных осадков 680 м<sup>3</sup>/га она составила 2680 м<sup>3</sup>/га. УГВ до промывки на участке был 3.5-3.8 м, а после проведения ее поднялся до 1.2-1.5 м.

В период промывки (октябрь) и до начала посевной кампании (апрель) дренажный модуль на участке изменялся в пределах 0.2-0.3 л/с.га. В результате промывки почвогрунты опреснились на глубину 1.5-2.0 м (табл.2.27).

Таблица 2.26

## Оценка качества откачиваемых вод по районам Узбекистана

Методы и критерии оценки качества вод	Голодная степь				Ферганская долина	Бухарская область
	Шурузякский массив	Баяутский массив	Сардобинский массив	Северо-запад- ная часть		
1	2	3	4	5	6	7
CL/SO <sub>4</sub> (метод САНИИРИ)	0.3-0.65	0.35-0.7	0.3-0.97	0.45-0.8	0.07-0.6	0.15-0.35
По Антипову-Каратаеву: $K = \frac{чCa + чMg}{чNa \cdot 0.23 \cdot S} > 1$	1.13-1.4	0.27-1.5	0.17-0.7	0.44-1.4	0.15-4.5	1.05-3.3
По Буданову: $K = \frac{\Sigma S \cdot v}{Ca + Mg} > 4$	4-5	4.3-5.5	4.6-6.5	4.4-5.3	3.05-5.0	2.5-3.4
По Можейко и Воротнику: $K = \frac{Na \cdot 100}{Ca + Mg + Na} < 66 \%$	55-60	55-70	59-73	53-72	24-37	19-25
SAR = $\frac{Na}{\frac{\sqrt{Ca + Mg}}{2}} < 8-10$	4.5-8	4.8-10	12.3-25	8.1-21.5	2-4.5	1.36-5.0

Продолжение табл.2.26



	1	2	3	4	5	6	7
По Келли и Л.Либику (США):							
$K = \frac{Na}{Ca + Mg} > 1.0$ или		1.30-1.65	1.4-1.75	1.5-3.0	1.6-2.5	0.35-0.55	0.23-0.5
$K = \frac{Mg}{Ca + Mg} \cdot 100 < 60 \%$		50-62	55-65	31-50	45-85	48-60	42-50
Ирригационный коэффициент по Стеблеру							
$K > 2$		2-6	2-8	0.5-2.0	0.5-6	4.5-18	2-14

**Примечание:** в формулах  $чCa$ ,  $чMg$ ,  $чNa$  - миллиграмм - эквивалентные количества содержащихся в воде катионов;  
 $S$  - минерализация воды, г/л. По SAR - если  $SAR < 10$  - то вода хорошая;  $SAR = 11-20$  - малоудовлетворительная.  
По Стеблеру: если  $K < 2$  - вода малоудовлетворительная,  $K = 2-6$  - удовлетворительная,  $K = 6-18$  - вода хорошая.

Таблица 2.27

Динамика солевого режима почвогрунтов  
при поливе минерализованной водой

Горизонт, м	Содержание солей по иону хлору, % от массы почв (среднее по 6 точкам)				
	исходное	после I такта	после II такта	после III такта	изменение солей по от- ношению к исходному, %
0.0-0.2	0.126	0.026	0.022	0.017	-86.6
0.2-0.4	0.092	0.042	0.033	0.018	-80.5
0.4-0.6	0.079	0.077	0.054	0.025	-68.4
0.6-0.8	0.069	0.089	0.060	0.034	-50.7
0.8-1.0	0.066	0.082	0.064	0.048	-27.3
1.0-1.2	0.064	0.074	0.071	0.048	-25.0
1.2-1.4	0.054	0.066	0.080	0.057	5.5
1.4-1.6	0.054	0.063	0.069	0.055	1.8
1.6-1.8	0.052	0.063	0.076	-	-
1.8-2.0	0.050	0.051	0.086	-	-
2.0-2.5	0.044	0.054	-	-	-

В динамике минерализации грунтовых вод под влиянием промывок отмечались следующие особенности. После второго такта промывки минерализация грунтовых вод увеличилась до 19.3 г/л против обычной 6-7, а после третьего такта она снизилась до 13.4 г/л (табл.2.28). Это связано с выщелачиванием солей из зоны аэрации.

Таблица 2.28

Изменение минерализации подземных вод  
при промывке минерализованной подземной водой

Состав солей	Минерализация воды, г/л			Минерализация верхнего слоя грунтовых вод после каждого такта промывки, г/л		
	откачи- ваемой	ороси- тельной	грунто- вой			
				I	II	III
сумма	5.13	0.68	7.35	13.3	19.3	13.4
солей	1.30	0.04	0.62	2.5	3.3	1.8
	2.40	0.36	3.16	6.4	9.3	6.4

При этом после проведения промывок в слоях зоны аэрации (2-3.5 м) еще сохранились запасы солей, которые при неблагоприятных условиях могли вызвать реставрацию засоления. Поэтому в последующие годы продолжались осенне-зимние промывки для полного рассоления почвогрунтов зоны аэрации и верхнего слоя грунтовых вод, с использованием откачиваемых вод.

Результаты опытов по орошению хлопчатника откачиваемой водой.

Опытный участок площадью 5.6 га был разбит на три делянки: на первой использовалась откачиваемая вода с минерализацией 5.5-5.8 г/л по плотному остатку, в том числе 1.2-1.3 г/л по иону хлора; на второй - смешанная вода с общей минерализацией 3-3.8 г/л (0.6-0.8 г/л по иону хлора); на третьей - (контроль) поливами хлопчатника оросительной водой, имеющей минерализацию 0.65-0.75 г/л (пресная). Агромелиоративный комплекс (исходные условия) был одинаковым для всех делянок. По этой схеме опыт продолжался 4 года.

Водно-физические свойства почвогрунтов аналогичны участку, где проводилась промывка засоленных земель. На всех делянках ежегодно проводилась осенне-зимняя промывка нормой 3400-4000 м<sup>3</sup>/га (оросительной водой). В вегетационный период проводилось по 2-3 полива (июль-август) общей нормой 3000-3200 м<sup>3</sup>/га (откачиваемой водой). Общегодовой приход влаги, считая и атмосферные осадки, составлял 9.0-10.0 тыс.м<sup>3</sup>/га, из которого 7000-7500 м<sup>3</sup>/га тратилось на испарение и транспирацию, остальное - на инфильтрацию.

В целом водно-солевой баланс делянок, где на полив хлопчатника была использована оросительная и смешанная с минерализацией вода соответственно 0.7 и 3.3 г/л и режим орошения с общегодовым приходом влаги 9.0-10.0 тыс.м<sup>3</sup>/га, обеспечивает предотвращение реставрации засоления и постепенное опреснение почв. При использовании чисто откачиваемой воды для этого необходимо увеличить водоподачу в вегетационный период до 3500-4000 м<sup>3</sup>/га (нетто). Причем уровень грунтовых вод следует поддерживать на глубине 2.5-3.0 м, иначе произойдет реставрация засоления.

В то же время теоретические расчеты показали, что при минерализации оросительной воды 3-4 г/л для предотвращения засоления должно быть подано от 4400 до 7200 м<sup>3</sup>/га (при минерализации грунтовых вод 12 г/л) и от 6100 до 9400 м<sup>3</sup>/га (при минерализации грунтовых вод 16 г/л) в зависимости от уровня грунтовых вод.

Положительный результат при использовании откачиваемой воды, имеющей минерализацию до 3.0 г/л получен и в опытах, проведенных в совхозе "Яккатут" Ферганской области (ОПУ 02.24. Уз., Бекмуратов Т.). Здесь установлено, что при использовании откачиваемых вод с минерализацией до 3.0 г/л, УГВ необходимо регулировать в пределах 2.5-3.0 м. В этом случае оптимальный водно-солевой режим достигается при оросительной норме 6325-6700 м<sup>3</sup>/га (нетто поле).

В опытах проведенных в условиях маломощных покровных мелкоземов ( M<sub>п</sub> = 2-10 м) Кзылкумского массива, установлено, что без дополнительных мероприятий по предотвращению засоления и осолонцевания почвогрунтов можно использовать на орошение откачиваемые воды с минерализацией до 2.0 г/л. На Кзыл-Кумском массиве из 275 скважин более 60 % имеет минерализацию откачиваемых вод ниже 2.0 г/л. Суммарный дебит этих скважин составляет 6.0-6.8 м<sup>3</sup>/с (МюДжураев, 1990; ОПУ 02.14. Уз.). При этом оптимальный водно-солевой режим достигается при оросительных нормах 8.5-10.0 тыс.м<sup>3</sup>/га, что удовлетворяет требованиям промывного режима орошения на фоне СВД. С другой стороны, уровни грунтовых вод рекомендуется регулировать в пределах 1.9-2.6 м в период вегетации, и 2.1-3.4 м в невегетационный период.

В целом по региону имеются десятки опытов по использованию откачиваемых минерализованных подземных и грунтовых вод (в т.ч. коллекторно-дренажных), результаты которого обобщены в III-направлении отчета и в специальных трудах Н.М.Решеткиной и Х.И.Якубова (1978), А.У.Усманова и др. (1981), Ф.М.Рахимбаева и др. (1978), В.А.Духовного, И.Н.Ходжибаева (1974), М.А.Якубова (1988) и многих других.

В указанных работах исследованиями установлено, что при хорошей дренированности для поливов суглинистых почв могут быть использованы воды, содержащие 4.0 г/л солей, на легких почвах допустимо орошение водой с минерализацией 6.0 г/л. Сток при этом должен составлять 10-20 % от водоподачи. В имеющихся опытах выявлено, что использование откачиваемых вод на орошение в условиях легких по мехсоставу почвах не отражается на урожайности сельхозкультур и, как правило, она не ниже чем в контрольном (полив арычной водой) варианте. В среднесуглинистых почвах разница в урожайности при использовании дренажной воды может составить до 3-5 ц/га в зависимости от почвенно-мелиоративных условий и агротехнических приемов.

Таким образом, теоретические проработки по оценке качества откачиваемых подземных вод и многолетние натурные эксперименты по их использованию для орошения и промывок подтверждают перспективность применения таких вод.

#### 2.2.8. Управление мелиоративно-экономическими процессами с помощью вертикального дренажа и выбор оптимального мелиоративного режима орошения

Мелиоративные мероприятия, оказывающие влияние на почвообразование (орошение, промывки и дренаж), в основном непосредственно воздействуют на водно-солевой режим почвогрунтов и грунтовых вод. Большая экологическая значимость мелиорации в первую очередь заключается в планомерном научно-обоснованном повышении плодородия почв, продуктивности оросительной воды и их противостоянии негативным явлениям.

Основными приходными статьями поступления воды в почву в условиях орошения аридной зоны являются водоподача, атмосферные осадки и грунтовые воды. Расход воды из почвы происходит на эвапотранспирацию и отток инфильтрационных вод из почвенного слоя в нижележащие.

Изменяя водный режим орошаемых земель (почвенной влаги и поверхностных вод) мелиоративные мероприятия влияют также на изменение не только почвенных, но и климатических и гидрологических условий (режим поверхностных и грунтовых вод).

Управлять мелиоративно-экологическими процессами орошаемых территорий можно через изменение состава и соотношения прихода и расхода воды, что в итоге и будет определять тип водного и связанного с ним солевого режима, т.е. мелиоративного режима почв.

На орошаемых землях в принципе могут быть созданы четыре типа мелиоративных режимов (гидроморфный, полугидроморфный, полуавтоморфный и автоморфный), характеризующиеся различным режимом грунтовых вод, долей участия их в почвообразовании, питании растений, специфической структурой общих и частных водно-солевых балансов.

В табл.2.29 приведены основные показатели мелиоративных режимов при различных типах почвенного профиля. Они применимы для эксплуатационного

периода дренажа. В мелиоративный период в большинстве случаев следует поддерживать УГВ несколько глубже и проводить промывной режим орошения.

Все типы мелиоративных режимов, в зависимости от мелиоративного состояния земель могут быть промывными, периодически промывными и непромывными.

Выбор того или иного проектного мелиоративного режима должен базироваться на глубоком и всестороннем анализе геоморфологических, гидрогеологических, почвенно-агрономических и мелиоративных условий, позволяющих установить направленность почвообразования, а далее уже наметить комплекс технических и агротехнических мер для поддержания и регулирования выбранного режима.

Для направленного регулирования мелиоративного режима почв необходимо установить причинно-следственные связи между средней (водное, воздушное, солевое и питательное состояние корнеобитаемой толщи), управляющими факторами (водоподача, дренаж, агротехнические приемы и др.) и индикатором их взаимодействия (рост и развитие возделываемой культуры). Вместе с тем существует вполне определенный водно-солевой режим корнеобитаемой зоны, соответствующий биологическим требованиям развития данной сельскохозяйственной культуры (эталон). Поэтому главная задача заключается в регулировании поступления влаги, а вместе с ней и солей от различных источников, чтобы выбранный водно-солевой режим корнеобитаемой зоны сохранялся, а средства его достижения (орошение, дренаж и др.) были наименее затратными. Такая задача может быть решена путем анализа формирования и расходования отдельных статей водно-солевого баланса.

При обосновании мелиорации крупных регионов с помощью систематического дренажа боковые приток и отток подземных вод из расчета можно исключить. Поскольку основные уравнения водно-солевых балансов приведены в разделе 2.2.4 настоящего отчета, здесь мы детально остановимся на уравнении водно-солевого баланса зоны аэрации и грунтовых вод.

В упрощенном виде (без учета притока и оттока) водный баланс зоны аэрации имеет вид:

$$\Delta W_a = O_c + B - E_{тп} \pm g, \text{ м}^3/\text{га}$$

здесь  $B = O_p + B_{вр} + B_{кдс} + (1 - L) \Phi_{в/х} - C_{п}$ ,

для площадей с систематическим вертикальным дренажем при  $\psi = 1$  (территории опытно-производственных систем) баланс грунтовых вод покровного мелкозема можно записать

$$\Delta W_{гп} = \Delta h = \pm g - D_r \pm Q_{п}$$

При систематическом горизонтальном дренаже баланс грунтовых вод записывается:

$$\Delta h = \pm g - D_r \pm P,$$

На уровень грунтовых вод влияют  $\pm g$ ;  $D_r$ ;  $Q_{п}$ ;  $P$ .

Таблица 2.29

Мелиоративные режимы и основные критерии мелиоративного благополучия  
при различных типах почвенного профиля  
(для эксплуатационного периода работы дренажа)

Тип мелиоративного режима	Тип почвенного профиля					Отношение элементов водного баланса		
	мощные, относительно однородные песчаные отложения (тонко- и среднезернистые, барханные) [ 1 - в ]	супесчаные и легкосуглинистые отложения (0.5-1.0 м) на песчаных и галечниковых отложениях [ 1 - а ]	однородные легко- и средне-суглинистые, облегчающиеся к низу [ 2-б ], [ 3-а ], [ 2-в ], [ 3-в ]	супесчаные, песчаные, подстилаемые тяжелыми суглинистыми и глинистыми отложениями и [ 3-б ], [ 4-б ]	тяжелосуглинистые, глинистые, разнослоистые [ 4-а ], [ 4-б ]	$\frac{E_{Tв}}{E_{Tп}}$	$\frac{Q_{п}}{B+Ф}$	$\frac{O_{п} + O_{с}}{E_{T_{н}}^k}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Глубина грунтовых вод от поверхности земли, м

Гидроморфный	$\frac{0.6-1.2^x}{0.9-1.5}$	$\frac{0.6-1.2}{0.9-1.5}$	$\frac{0.6-1.8}{0.6-2.1}$	$\frac{0.6-1.2}{0.9-1.5}$	=	0.5-1.0	0.30	1.05-1.1
					-			
Полугидроморфный	$\frac{1.2-1.5}{1.5-1.8}$	$\frac{1.2-1.5}{1.5-1.8}$	$\frac{1.8-2.5}{2.1-2.8}$	$\frac{1.2-2.0}{1.5-2.3}$	=	0.2-0.50	0.30	1.05-1.1
					-			

Полуавто- морфный	$\frac{1.5-2.2}{1.8-2.5}$	$\frac{1.5-2.2}{1.8-2.5}$	$\frac{2.5-3.5}{2.8-4.2}$	$\frac{2.0-2.5}{2.3-2.8}$	$\frac{1.5-2.5}{1.8-2.8}$	до 0.20	0.30	1.05-1.1
Автоморфный	$\frac{\text{глубже } 2.2}{2.5}$	$\frac{\text{глубже } 2.2}{2.5}$	$\frac{\text{более } 2.5}{4.4}$	$\frac{\text{более } 2.5}{2.8}$	$\frac{\text{более } 2.5}{2.8}$		0.30	1.05-1.1

**Условные обозначения** к таблице 2.29:

$E_{г}$  - доля участия грунтовых вод в водопотреблении сельхозкультур, м<sup>3</sup>/га;

$E_{г}^в$  - эвапотранспирация за вегетационный период, м<sup>3</sup>/га;

$Q_n^o$  - доля стока дренажа, формирующегося за счет инфильтрационных вод с поверхности (например, при  $\Pi$ ,  $Q$ ,  $P$  равных нулю при систематическом вертикальном дренаже она равна:

$$Q_n^o = D_{г} + D_{в}, \text{ м}^3/\text{га};$$

$B+\Phi$  - водозабор на рассматриваемую территорию и фильтрационные потери из каналов, м<sup>3</sup>/га;

$E_{г}^r$  - эвапотранспирация с орошаемого поля за год, м<sup>3</sup>/га;

$O_p$  - водоподача на орошаемое поле, м<sup>3</sup>/га;

$O_c$  - атмосферные осадки, м<sup>3</sup>/га;

[ 1-в ] - тип почвенного профиля.

<sup>x</sup> - сверху - глубина грунтовых вод в период вегетации на хлопковом поле, снизу - то же для люцерны.

Обозначим через  $\pm Q = D_r + Q_n$  и  $\pm Q = D_r + P$ , т.к. в обоих случаях они влияют на уровень грунтовых вод снизу. Положительный знак (+ Q) означает преобладание притока снизу над оттоком.

Водообмен зоны аэрации с грунтовыми водами проще может быть найден из следующего уравнения:

$$\pm g = \pm \cdot \Delta h \pm Q$$

При рассмотрении различных вариантов сочетаний знаков Q и  $\Delta h$  для каждого случая определен знак водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами (по отношению к зоне аэрации) и его абсолютная величина.

Имея известные значения  $\pm g$ ,  $\pm W_a$  при различных сочетаниях ET (B + O<sub>c</sub>) и, руководствуясь соображениями энергетики почвенной влаги, рассчитывают источники формирования и расхода отдельных статей баланса для всех вариантов.

### **Формирование мелиоративных режимов**

Гидроморфный мелиоративный режим формируется при постоянно близких грунтовых водах, когда их капиллярная кайма активно участвует в почвообразовательном процессе. В природных условиях гидроморфный режим характерен для нижних речных террас, пойм и приморских дельт, а также предгорных покатостей с напорно-восходящими близко залегающими грунтовыми водами в зонах выклинивания и рассеивания. В условиях низкой дренированности территории солевой режим гидроморфных почв складывается положительно и происходит засоление почв. При хорошей дренированности формируются плодородные луговые почвы на пресных грунтовых водах. В полупустынных и пустынных почвенных зонах при низкой естественной дренированности земель гидроморфный мелиоративный режим с устойчиво благоприятными условиями для роста и развития растений может быть создан только на фоне хорошо работающего искусственного дренажа.

Одной из характерных особенностей солевого режима гидроморфных почв является положительный солевой баланс в вегетационный период (часто в значительном размере). Рассоление почв в этом случае осуществляется в основном в невегетационный период.

Исследования, проведенные учеными (САНИИРИ и др.) в условиях гидроморфного режима, показали, что на сильнозасоленных землях на фоне хорошо работающего дренажа при оросительных нормах 6000-7000 м<sup>3</sup>/га и промывных нормах 4000-5000 м<sup>3</sup>/га за два-три года можно полностью рассолить земли. Но в то же время незначительные отклонения от применения промывного режима орошения на этих землях даже при высокой дренированности могут привести к реставрации засоления. Поэтому гидроморфный мелиоративный режим следует назначать только в зоне выклинивания пресных грунтовых вод или в поймах рек.

Автоморфный мелиоративный режим - формируется в условиях глубокого залегания грунтовых вод, когда они не участвуют в процессе почвообразования.

На орошаемых землях такой режим может формироваться, как на фоне высокой естественной дренированности, так и при искусственном дренаже (например, с помощью вертикального дренажа).

На этих землях при существующей сейчас технике полива (по бороздам) трудно регулировать размеры инфильтрации воды с полей, и для поддержания оптимальной влажности почв верхних слоев придется перерасходовать оросительную воду. Здесь



формируется периодически промывной режим в зоне аэрации (за счет инфильтрационного питания грунтовых вод в период вегетации и в периоды выпадения обильных зимне-весенних осадков), что позволяет медленно рассолить профиль почвогрунтов.

В случае отсутствия естественной или искусственной дренированности на землях с исходно автоморфным режимом происходит постепенное пополнение грунтовых вод за счет инфильтрационных вод и медленный подъем УГВ. Такая картина наблюдалась практически во всех вновь освоенных землях Центральной Азии, в частности Каршинской, Джизакской степях. Литологический разрез верхнего 20-метрового слоя здесь представлен пестрой толщей пород: от легких суглинков и супесей до тяжелых суглинков с прослойками песков и глин. Здесь при автоморфном мелиоративном режиме (естественном) водопоступление на орошаемое поле (осадки и водоподача) в течение года расходуется большей частью на эвапотранспирацию и в меньшей - на пополнение влагозапасов зоны аэрации и грунтовых вод (Х.И.Якубов и др.). Инфильтрация в грунтовые воды происходила летом - в период массовых поливов и частично в невегетационный период, когда выпадает большое количество осадков. При отсутствии дренажа это привело к подъему УГВ в среднем на 2 м в год при исходном 13-16 м, и вторичному засолению почв, хотя на орошаемом поле поддерживался промывной режим  $B + O_c / ET = 1.3-1.4$  в годовом цикле.

В этих условиях для создания действительно отрицательного солевого баланса необходимо построить искусственный дренаж, который обеспечил бы отвод нисходящего рассоляющего расхода из зоны аэрации, стабильное залегание УГВ на оптимальной глубине.

В настоящее время нет практического опыта создания при помощи искусственного дренажа автоморфного режима почвообразования на староорошаемых землях. Однако на территориях, имеющих относительно малую мощность покровного мелкозема (6-8 м), мелиорируемых систематическим вертикальным дренажем, за счет формирования вблизи скважин глубоких грунтовых вод создаются участки с автоморфным мелиоративным режимом почвогрунтов.

К примеру, можно привести ОПУ СВД, расположенный в Кировском районе Ферганской области (ОПУ 02.24. Уз., Т.Бекмуратов, 1983), где вокруг отдельных скважин на расстоянии 50 м создавались участки с автоморфным мелиоративным режимом, с глубоким залеганием УГВ до 4.5-5.20 м от поверхности земли.

Поскольку при автоморфном мелиоративном режиме непроизводительные потери на инфильтрацию неизбежны при существующей технике и технологии полива, то перспективность данного мелиоративного режима может решаться только после усовершенствования технологии поливов, внедрение которых обеспечит минимальные размеры глубинной инфильтрации.

Полугидроморфный мелиоративный режим формируется в условиях близкого залегания УГВ. В естественных условиях это низкие речные террасы и дельты рек с пресными и слабоминерализованными грунтовыми водами приморские равнины. При мелиорации земель такой тип мелиоративного режима может формироваться и в других геолого-геоморфологических условиях, в частности, в условиях напорного питания грунтовых вод и недостаточной дренированности.

Полугидроморфный режим создавался на ОПУ совхоза "Пахтаарал" (ОПУ 02.7.УЗ., 02.11. Уз.) до строительства вертикального дренажа (1961-1965 гг.). Тогда удельная протяженность открытой КДС в совхозе составляла 6.9 м/га. В хозяйстве в рассматриваемый период грунтовые воды залегали на глубине 1.5-2.8 м. При этом запасы влаги в слое 0-20 см перед поливом составляли 72-83 % ППВ, а в горизонте 20-

40 см - 80-100 % ППВ, то есть дефицита влаги в почве не наблюдалось. Ниже 40 см запасы влаги значительно превышали ППВ.

На землях совхоза излишняя инфильтрация при поливах, превышающих дефицит влаги, способствовала подъему грунтовых вод и усилению испарения.

При низкой дренированности земель и практикуемых в этих условиях оросительных нормах 1500-2000 м<sup>3</sup>/га и промывных поливах в осенне-зимний период нормами 2000-2500 м<sup>3</sup>/га, общий водно-солевой баланс складывался положительным, с ежегодным поступлением солей на 6-7 т/га.

Поэтому мелиоративное состояние земель здесь из года в год ухудшалось. Урожайность хлопчатника снизилась за несколько лет с 38.5 до 19.6 ц/га. В этих условиях для улучшения мелиоративного режима почв построен искусственный дренаж из СВД.

Характерным примером по созданию оптимального полугидроморфного режима почв может служить ОПУ вертикального дренажа в Кировском районе Ферганской области (ОПУ 02.24. Уз.). Здесь в условиях напорного характера подземных вод при интенсивной работе системы вертикального дренажа был обеспечен в основном полугидроморфный режим. В период вегетации на большей части территории УГВ колебался от 1.88 до 2.45 м, в среднем за год от 2.03 до 2.75 м, и на фоне промывного режима орошения здесь с 1970 по 1975 гг. удалось значительно улучшить направленность водно-солевого баланса (см.раздел 2.2.4) и мелиоративное состояние земель, тем самым обеспечив урожайность хлопчатника 38-45 ц/га.

Полуавтоморфный мелиоративный режим формируется при относительно глубоком залегании УГВ и отличается меньшей долей их участия в почвообразовательном процессе, чем при полугидроморфном режиме. В естественных условиях это районы древних дельт, приморские и пролювиальные равнины, часто с солеными грунтовыми водами и глубокосолончаковыми почвами. На фоне вертикального дренажа полуавтоморфный режим может быть создан практически в любых гидрогеологических условиях.

Примером полуавтоморфного режима могут быть условия совхоза “Пахтаарал” на ОПУ СВД - после ввода систем в эксплуатацию.

В полуавтоморфном режиме запасы влаги перед поливом хлопчатника в слое 0-20 см снижаются несколько больше, чем в полугидроморфном режиме и колеблются от 12.6 до 16.9 %, 0.6-0.8 от ППВ. В слое 0.2-0.4 м они составляют 15.7-19.1 % (0.77-0.94 ППВ).

Результаты расчетов формирования структуры элементов водного баланса при полуавтоморфном режиме показали, что эвапотранспирация здесь в течение вегетационного периода формировалась за счет водопоступления и частично за счет влагозапасов зоны аэрации и грунтовых вод. Поступающая вода полностью расходуется на эвапотранспирацию, что, вызывая незначительное подпитывание корнеобитаемой зоны из грунтовых вод, создает слабое соленакопление в почве за сезон. Однако профилактические промывки земель в осенне-зимний период и атмосферные осадки обеспечивают рассоление земель.

На землях с полуавтоморфным режимом в совхозе “Пахтаарал” Голодной степи полив хлопчатника нормой 3200-3500 м<sup>3</sup>/га и промывки нормой 2560-3000 м<sup>3</sup>/га на слабо- и средnezасоленных почвах, 5000-6000 м<sup>3</sup>/га на сильнозасоленных обеспечили благоприятные мелиоративные процессы. Положительной стороной полуавтоморфного режима на землях хозяйства явилось то, что в первую половину вегетации при высоком физическом испарении с поверхности почвы доля грунтовых вод в формировании общей эвапотранспирации очень мала.

В целом при полуавтоморфном мелиоративном режиме сокращаются непроизводительные потери и более полно используется оросительная вода, сокращается объем дренажного стока.

Идентичные результаты получены по всем крупным системам вертикального дренажа, где УГВ регулировался полуавтоморфным режимом: в зимне-весенний период - в пределах 1.5-2.0 м, вегетационный - 2.6-3.0 м, а осенний период 3.0-3.5 м. Поэтому при современном уровне техники полива, проектируя систему вертикального дренажа, лучше всего ориентироваться на создание полуавтоморфного мелиоративного режима почв. Когда будет разработана техника полива, обеспечивающая управление расхода оросительной воды на инфильтрацию, лучше всего формировать на фоне вертикального дренажа автоматический мелиоративный режим.

Анализ и обобщение многолетних результатов натурных исследований по всем объектам, фактических водно-солевых балансов, и сложившихся при этом мелиоративных режимов по представленным пилотным участкам систем вертикального дренажа позволил разработать для различных природно-хозяйственных условий Узбекистана и Южного Казахстана рациональные параметры мелиоративных режимов, которые представлены в табл.2.30.

## 2.2.9. Активная зона водо- и солеобмена при работе дренажных систем

Одним из нежелательных экологических последствий “беспредельного широко-масштабного” развития орошаемого земледелия в Центральной Азии, начатого в 50 и 60 годы, является острый дефицит водных ресурсов и резкое ухудшение качества речного стока всех рек в регионе, и особенно Сырдарьи и Амударьи. Основным поставщиком ингредиентов в створе реки служат коллекторно-дренажные стоки, формируемые на орошаемых землях. В пространственном отношении в процессе загрязнения практически участвуют все регионы бассейна Аральского моря, расположенные от верховьев до низовьев рек. Однако по объему “поставки” ингредиентов они отличаются между собой в зависимости от природно-хозяйственных условий и параметров дренажа. Основными природными факторами, играющими особо важную роль в формировании дренажного стока, его минерализации и выноса солей являются геоморфолого-гидрогеолого-почвенно-мелиоративное условие территории. Указанные природные условия определяют не только типы и параметры дренажа, но они являются поставщиком солей.

При искусственном дренировании земель характеристика водного комплекса и параметра дренажа предопределяет формирование зоны водообмена. Из характеристики водоносного комплекса основными факторами, влияющими на формирование зоны водообмена является мощность водоносного пласта, слоистость грунта и расположение водоупора. На формирование зоны активного влияния при работе дренажа, в основном влияет не его глубина, а междуренное расстояние. По теоретическим решениям при работе систематического дренажа с чередованием полевых дрен и коллекторов при междуренном расстоянии  $B \geq T$  ( $T$  - мощность водоносного пласта) в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного пласта независимо от глубины заложения дрен. С уменьшением

Таблица 2.30

Параметры оптимальных мелиоративных режимов,  
рекомендуемые для различных природно-хозяйственных условий Узбекистана и Южного Казахстана

Почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия	Мелиоративный режим (рекомендуемый)	Глубина грунтовых вод по периодам года				Отношение объема откачек к водозабору, %	Превышение водоподдачи над суммарным испарением, %	Водопотребление сельскохозяйственных культур за счет грунтовых вод, %
		X - X1	X11 - 11	Ш - 1У	У1 - У111			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Тяжелые.</b> Средне- и сильнозасоленные земли на площади более 50 % с минерализацией грунтовых вод более 10 г/л, $m = 20 - 25$ м, $K_{\phi} = 0.1$ м/сут Голодная степь Ферганская долина	полуавтоморфный	3.5-4.5	1.4-1.5	2.2-2.7	2.7-3.5	35-40 50-80	25-30	2-12
<b>Средние.</b> Средне- и сильнозасоленные земли на площади 30-50 %, $m = 15 - 30$ м, $K_{\phi} = 0.1-0.2$ м/сут Зарафшанский оазис Ферганская долина	полуавтоморфный	3-4	1.4-1.5	2-2.5	2.5-3.0	30-35 40-50 30-35	20-25	5-15

Каршинская степь

Продолжение табл.2.30

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Легкие.</b> Средне- и сильно-засоленные земли на площади менее 30 %, $K_{\phi} = 0.2 - 4$ м/сут Ферганская долина, Зарафшанский оазис	полугидроморфный	2.5-3	1.4-1.5	1.8-2.4	2.4-2.5	35-45 30	15-20	20-40

**Примечание:**  $m$  - мощность покровного мелкозема, м.  
 $K_{\phi}$  - коэффициент фильтрации грунтов покровного мелкозема, м/сут.

междренного расстояния снижается влияние дренажа на глубину зоны формирования водообмена. Однако и в этом случае, поскольку полевые дрены чередуются с коллекторами, в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного пласта. В случае близкого залегания водоупора при систематическом дренаже, в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного комплекса. В то же время интенсивность формирования дренажного модуля (стока) зависит от глубины заложения дренажа, которая создает градиент напора, т.е. водообмен в системе между зоной аэрации и грунтовых вод. Ходжибаев Н.Н., Нейман Я., опираясь на результаты модельных и натуральных исследований дает, для наиболее часто встречающихся грунтов Центральной Азии, следующие величины зоны активного влияния под действием грунтовых вод:

- в легких грунтах (пылеватые пески и супеси  $K_{\phi} = 0.5-2.0$  м/сут) -  $h = 50-100$  м;
- в средних грунтах (суглинок легкий и средний  $K_{\phi} = 0.5-0.1$  м/сут) -  $h = 50 - 100$  м;
- в тяжелых грунтах с коэффициентом фильтрации  $K_{\phi} = 0.1$  м/сут,  $h = 10-30$  м,  $h$  - зона влияния работы дренажа.

По Бобченко В.И. в однородном водопроницаемом пласте распространение фильтрационных токов обеспеченностью 90 % ограничено глубиной, равной  $1/6$  междренного расстояния, при  $m$  (6-30) т фильтрационные токи распространяются ниже уровня закладки дрен на глубину  $m < 3t$ . Так при расстоянии между дренами 300 м фильтрационные токи выносят соли с глубины 50 м, а при  $h = 30$  м с глубины 5 м.  $m$  - мощность водоносного пласта,  $t$  - глубина заложения дрены.

В пилотных проектах, представленных в регистре ИПТРИД имеется определенная информация по зоне активного водо- и солеобмена полученная на фоне закрытого горизонтального дренажа. В низовьях Амударьи, представленных слоистыми грунтами на большую глубину (100-150 м) с покровным мелкоземом 3-3.5 м с субнапорной подземной водой на фоне закрытого дренажа с глубиной 2.5-3.0 м и междренным расстоянием 250-300 м по данным пьезометрических наблюдений, влияние дрен распространялось до 50 м (02.20 Узб.).

По данным Калантаева (индексы 02.1 Туркм. и 02.2) в условиях ограниченной влажности водоносного пласта на фоне закрытого дренажа глубиной до 3.0 м с нулевым уклоном при  $L = 250-300$  м зона активного водообмена изменяется в пределах 20-35 м.

На рисовой дренажной системе, расположенной в низовьях Амударьи в условиях слоистых грунтов мощностью более 150-200 м на фоне закрытого дренажа глубиной 2.5-3.0 м, при междренном расстоянии  $L = 200-350$  м при поливе культуры рис фильтрационные токи распространились на глубину до 100-110 м (Набиев А., индекс 02.25 Уз.).

На пилотном объекте 02.35 (Батурин Г.Е.), расположенного в условиях проллювиально-аллювиального отложения конуса выноса в южной части Голодной степи при расположении жесткого водоупора на глубине 15-20 м на фоне закрытого горизонтального дренажа глубиной 2.8-3.5 м при  $L = 250-300$  м зона активного водо- и солеобмена составила 16-17 м и она соответствовала глубине закладки пьезометров. В этом же хозяйстве (совхоз б), но на другом пилотном объекте (02.27), где мощность водоносного пласта распространялась до глубины 200-250 м, при аналогичных параметрах ЗГД зона активного водо- и солеобмена изменялась в пределах 45-110 м и, наконец, в условиях Чуйской долины, где литологическое строение участка представлено слоистыми отложениями, зона активного водо- и солеобмена при работе ЗГД составила 10 м, т.е. она соответствовала глубине получения информации по пьезометрам. Примерно такая же картина формирования зоны активного водо- и

солеобмена наблюдается на фоне систем вертикального дренажа. В этом случае зона формирования водо- и солеобмена зависит, с одной стороны, от шага расположения скважин, с другой, назначения СВД (локальный дренаж или систематический). В любом случае при систематическом дренаже в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного комплекса, а в локальном ВД при мощном водоносном пласте в формировании стока участвует его верхняя часть. Однако, на фоне СВД в формировании дренажного стока участие подземных вод протекает более интенсивно, нежели чем на фоне ЗГД, и зависит от внешнего притока. При этом, чем больше площадь систематического дренажа, тем меньше доля поступления воды за счет внешнего притока. В системах СВД, таких как старая зона Голодной степи с площадью 350-400 тыс.га практически дренажный сток формируется за счет поступления поверхностных вод, поданных на поля и оросительные системы.

По данным Сойфера А.М. в локальных СВД в процессе их эксплуатации зона влияния откачек распространяется на глубину  $1.5 h$  (глубина скважин). По наблюдениям САНИИРИ глубина влияния откачек зависит от характера и мощности водоносного пласта. В двухпластовых водоносных комплексах с ограниченной мощностью в формировании фильтрационного тока активно участвует вся толща водоносного горизонта.

В условиях, когда работой систематического ВД охвачена большая площадь, где мощность водоносных комплексов достигает 150-250 м и более, зона влияния откачек распространяется на всю мощность первого водоносного пласта. При этом в формировании зоны активного воздействия откачек большую роль играет напорность, которая увеличивает долю участия подземных вод в дренажном стоке. За счет увеличения доли подземных вод в дренажном стоке в условиях напорных пластов несколько растет в нем и солевой сток (рис.2.18).

По данным рис.2.18 видно, что в условиях безнапорных и слабонапорных водоносных комплексов величина выноса солей с орошаемых земель практически остается идентичными при работе, как горизонтального, так и вертикального дренажа, что подтверждает правомерность одинакового воздействия на формирование зоны активного водо- и солеобмена при работе систематического дренажа, с охватом территории крупных массивов или региона, в формировании фильтрационных токов (активной зоны) участвует вся толща водоносного пласта, как на фоне ЗГД, так и СВД. Однако интенсивность участия в различных типах дренажа в солевом стоке складывается по разному: в системе ВД оно более интенсивно, нежели в ГД. В то же время при работе как ЗГД, так и СВД интенсивность солевого обмена определяется, главным образом, не за счет мощности зоны активного водообмена, хотя она играет определенную роль в выноме солей с территории.

Интенсивность дренажного солевого стока, в основном, зависит, с одной стороны, от величины перетока из зоны аэрации в грунтовые воды (g); с другой - от запасов солей и их характера распределения в толще покровного мелкозема, а также минерализации грунтовых и подземных вод. При этом в формировании дренажного солевого стока немаловажную роль играет характер изменения минерализации грунтовых и подземных вод по глубине. В этом направлении исследованиями САНИИРИ за 1965-1980 гг. установлено, что геоморфологические особенности орошаемой территории Центральной Азии ( предгорья, речные межгорные долины, аллювиальные равнины, конуса-выноса, межконусные понижения, низкие дельты и высокие речные террасы) в сочетании с условиями формирования режима грунтовых

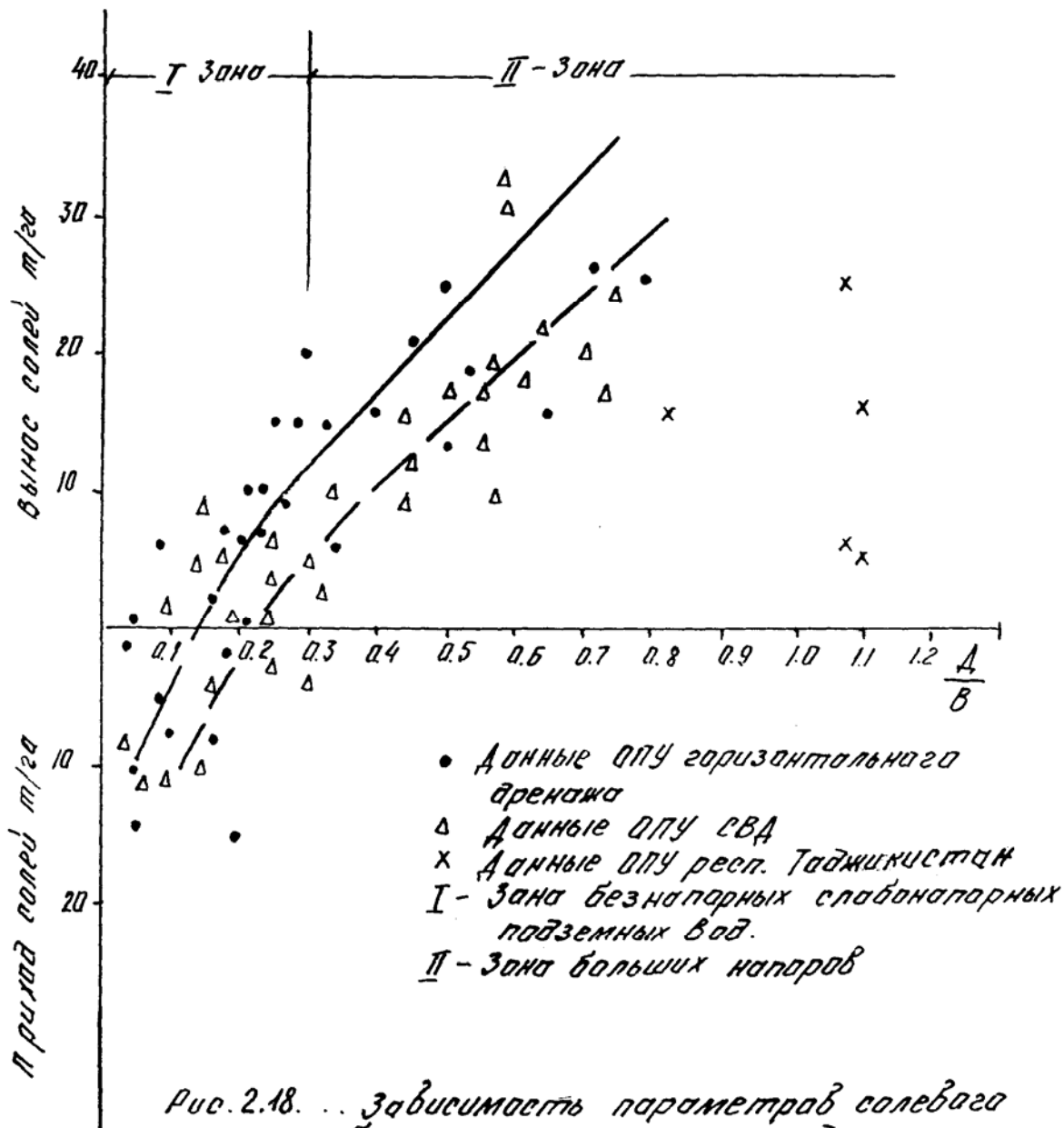


Рис. 2.18. ... Зависимость параметров солевого баланса от отношения дренажного стока к водоподачи. (по данным ОПУ II - направления)



вод и термическими режимами почвогрунтов, а также балансом поверхностных и подземных вод определяют принципиальные различия исходного солевого запаса и профиля, как почвенного слоя, так и подстилающих грунтов покровных отложений. В районах орошения установлены 6 характерных типов солевых профилей в покровном мелкоземом на глубину 20-30 м от поверхности, которые определяют интенсивность дренажного солевого стока при развитии орошения и мелиорации земель (рис.2.19).

I тип. Незасоленный профиль на всю мощность четвертичных отложений. Такой тип солевого профиля характерен верхним участкам конусов выноса горным, предгорным равнинам, верхним и частично средним речным террасам. В литологическом отношении указанные районы представлены с поверхности маломощным слоем (до 1.0 м) покровного мелкоземом, ниже которого залегает мощная толща гравийно-галечниковых отложений. В гидрогеологическом отношении зона интенсивного транзита подземных вод с глубоким залеганием УГВ. Водообмен поверхностных и подземных вод - интенсивный за счет усиленных потерь воды, как из каналов, так и с орошаемых полей. Практически на этой территории солеобмен отсутствует и она не участвует в солевом стоке региона.

II тип. Сильное засоление верхнего (до 2.0-2.5 м) слоев почвогрунтов, ниже которого грунты практически рассолены. В отдельных регионах, как Хорезмский оазис, часть Зарафшанской долины, Кзылкумский массив, засолением охвачены только почвенные слои до 1.0 м. Такой тип поверхностного накопления основной массы солей формируется в низких речных террасах, концевых частях конусов выноса, межгорных равнинах, аллювиальных участках дельты рек, с покровными отложениями 3-25 м, которые подстилаются гравийно-песчаными отложениями. Территория характеризуется слабой естественной дренированностью с относительно близким исходным залеганием до 3-3.5 м или близким после орошения (Шурузько-Сардобинский массив старой зоны орошения Голодной степи, Кзылкумский массив Южного Казахстана, Хорезмский оазис и др.). Подземные воды в большинстве случаев напорные (Центральная Фергана, старая зона Голодной степи) или субнапорные (Хорезмский оазис, Ташаузская область). Встречаются безнапорные водоносные комплексы, такие как Зарафшанский оазис (среднее течение р.Зарафшан), северная и южная зона Р.Каракалпакстан, Кзылкумский, Тогузско-Чийилинский массив и др.

В указанных геоморфолого-гидрогеологических районах уровень грунтовых вод залегает близко к поверхности земли - 1.5-2.5 м, минерализация ГВ пестрая: на орошаемых землях - 3-5 г/л, а на неорошаемых и перелогах очень высокая до 40-50 г/л. Минерализация подземных вод невысокая 1.5-3.0 г/л. В Хорезмском оазисе минерализация подземных вод до глубины 25-30 м относительно невысокая - 3-4 г/л, а ниже наблюдается ее нарастание до 15 г/л.

По интенсивности водообмена указанные геоморфолого-гидрогеологические районы, где формируется II тип солевого профиля относятся к группе высокой категории водообмена и она определяется проводимостью покровного мелкоземом. Величина водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами определяется объемом водоподачи, потерей из оросительных каналов. Дренажный сток формируется за счет перетока грунтовых вод и напора подземных.

Интенсивность солеобмена и солей дренажного стока зависит от содержания солей в покровном мелкоземом и объема перетока из зоны аэрации и покровного мелкоземом. На большей части территории развита система ВД и смешанный горизонтальный дренаж, усиленные СВД.

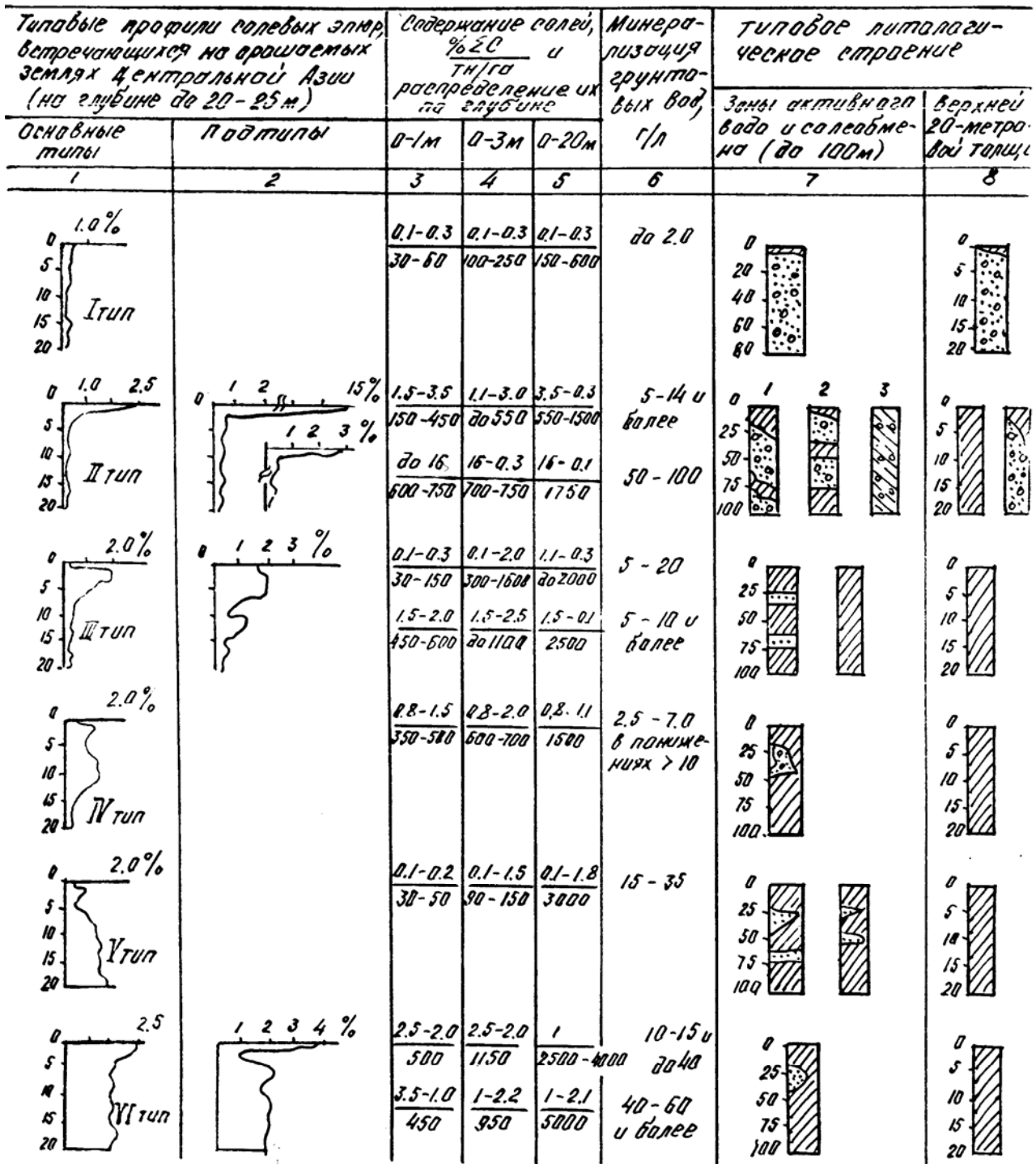


рис. 2.19. Типы солевых профилей на орошаемых землях Центральной Азии

III тип. Незасоленный профиль ограниченной глубины (до 1-1.5 м) с резким нарастанием содержания солей до 5-8 м, а затем снижение их запасов в нижних слоях - глубоко солончаковатые почвы. Этот солевой профиль характерен делювиально-пролювиальным равнинам, межконусным понижениям, пролювиально-аллювиальным равнинам и межрусловым отложениям до развития орошения. Запасы солей в метровом слое ниже предельно-допустимой величины и изменяются в пределах от 30-150 т/га, а в 3 м слое - до 1600 т/га, а на 20 м - до 2000 т/га. В литологическом отношении указанные геоморфологические структуры представлены, в основном, однослойным комплексом отложений из слабопроницаемых грунтов с прослойками и линзами мелко- и тонкозернистых песков и супесей. Территория, где формируется III солевой профиль, в естественных условиях слабодренирована или недренирована. Уровни грунтовых вод, обычно, до орошения залегают относительно глубоко: 5-10 м и глубже. Грунтовые воды минерализованы. Минерализация изменяется в широких пределах от 10-15 до 25-40 г/л. В процессе орошения в этих районах происходит вторичное засоление, главным образом за счет подъема высокоминерализованных вод. Примером является юго-восточная, юго-западная часть Голодной степи, межконусные понижения, группа районов Ферганской долины, Джизакско-Ломакинского вееров.

Интенсивность водообмена между зоной аэрации и ГВ - умеренная и зависит от размера водоподачи и работоспособности (мощности) дренажа. Интенсивность солеобмена и солей дренажного стока умеренная, а местами очень высокая и зависит от запасов солей в верхней части четвертичных отложений и величины водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами (рассоляющего расхода - g). Районы с формированием III типа солевого профиля являются одним из основных поставщиков солевого стока в процессе орошения земель.

IV тип. Высокое содержание солей в верхних слоях почвогрунтов с нарастанием их запасов вниз по профилю до глубины 12-15 м. Запасы солей в метровом слое превышают допустимые их величины в 3-4 раза для нормального роста растений и они изменяются в пределах 350-500 т/га. Содержание солей в 3-метровом слое достигает до 600-700 т/га, а в 20-м толще до 1500 т/га. Такой тип солевого профиля обычно формируется на концевых частях конусов-выноса мелких рек, в озерных отложениях дельт реки Сырдарьи и Амударьи. Литология представлена, в основном, однослойным комплексом отложений и местами (редко) двухслойным в виде языкообразных линз и прослоек мелкозернистых и тонкозернистых песков. Территория практически не обладает дренированностью. УГВ залегает близко к поверхности земли (2-3 м) и имеет пеструю высокую минерализацию на большую глубину от 10-15 г/л до 50 г/л. Почвы полугидроморфно-полуавтоморфные.

Интенсивность водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами определяется объемом водопоступления территории и дренажным модулем. Она до 1990 г. была от умеренной до высокой (1500-3000 м<sup>3</sup>/га). За последние годы интенсивность снизилась и перешла к категории недостаточной. Интенсивность солеобмена и дренажный солевой сток высокая из-за вовлечения запасов солей из глубоких слоев.

V тип. Незасоленные с поверхности земли почвогрунты до 1.5-2.0 м с постепенным нарастанием содержания солей вниз. По профилю до глубины 20 м и ниже запасы солей в метровом слое изменяются в пределах 30-50 т/га, 3 м - 90-150 т/га, а в 20 м толще - до 3000 т/га. Такой тип солевого профиля присущ орошаемому массивам, расположенным в пределах Центральной и краевой части аллювиальной равнины и межгорных котловин (Голодная степь), межрусловых отложений в дельтах рек (республика Каракалпакстан). В литологическом отношении территория, где

формируется V-ый тип солевого профиля, представлена однослойным и местами двухслойным отложением четвертичного комплекса грунтов. Территория в естественных условиях не дренирована. До орошения УГВ повсеместно залегал глубоко - ниже 5-10 м, минерализация грунтовых и подземных вод высокая и, соответственно, составляет 15-50 г/л и 5-10 г/л. В процессе орошения наблюдается повсеместный подъем высокоминерализованных грунтовых вод и интенсивное вторичное засоление почв.

Интенсивность водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами до 1990 г. была высокая - до 2.0-2.5 тыс.м<sup>3</sup>/га, которая за последние годы несколько снизилась. Солеобмен и дренажный солевой сток очень высокий за счет вовлечения их запасов из нижних слоев.

VI тип. Равномерное высокое содержание солей во всех слоях: запасы солей более 0-1.0 м - 500 т/га, 0-3 м - до 1150 т/га и 0-20 м - 4000 т/га. Этот тип солевого профиля характерен концевым участкам конусов выноса, межконусным понижениям, крупным впадинам в пределах межгорных котловин, озерным отложениям в дельтах крупных рек (вееры конусов-выноса и межконусных понижений Ферганской долины, юго-восточной и юго-западной частей Голодной степи; Центральная часть, Сардобо-Каракаройской впадины в Голодной степи; озерные отложения северной зоны Р.Каракалпастан. В указанных геоморфологических структурах, литология представлена в основном однослойным водоносным комплексом, а местами двухслойными. Территория практически бессточная. УГВ повсеместно залегает близко к поверхности земли (до 3.0 м). Минерализация грунтовых вод на большую глубину высокая от 10-15 г/л до 60-70 г/л.

Интенсивность солеобмена и дренажного солевого стока очень высокая, за счет поступления солей из зоны аэрации, а также нижних слоев.

Таким образом из 6 зоны с различными солевыми профилями, которые определяют интенсивность дренажного солевого стока, к наиболее легкой категории с минимумом солесодержания в покровном мелкоземе относится II зона геоморфологических структур, представленная поверхностным засолением. Здесь основная масса солей сосредоточена в пределах 0-1, 0-2.5 м, ниже грунты и грунтовые воды имеют незначительное солесодержание. В настоящее время территория представленная II типом солевого профиля покрыта в основном СВД и открытым дренажем. СВД получили широкое развитие в условиях двухслойных и многослойных отложений, с покровным мелкоземом мощностью 8-30 м, имеющим высокие гидравлические связи с нижележащими напорными водоносными пластами. Сюда относится Центральная Фергана, старая зона Голодной степи (включительно с центральной ее частью) Р.Узбекистан и Кызылкумский, Терен-Узьякский, Жана-Курганский и Чиилинский массивы, а также Арысь-Туркестанский массив Южного Казахстана. По бассейну р.Зарафшан - среднее ее течение, часть орошаемой площади Бухарской и Навоийской области, по бассейну Амударьи и часть территории Каршинской области. Открытым горизонтальным дренажем обслуживаются земли, представленные водоносным комплексом с покровным мелкоземом мощностью до 5-8 м, обладающим очень высокой гидравлической связью с нижележащими пластами. В зону обслуживания открытого горизонтального дренажа входит пойменный массив Ферганской долины, Голодной степи Р.Узбекистан, а так же часть орошаемых земель дельты реки Сырдарьи, а по бассейну Амударьи орошаемые земли Хорезмского оазиса, земли расположенные в пределах междуречных отложений северной Каракалпакии и Ташаузской и Чарджоуской области Респ.Туркменистан. Характерной особенностью мелиорации земель этой зоны является то, что в районах обслуживания как вертикального, так и горизонтального дренажа достигаются ускоренные темпы

рассоления почв, опреснения грунтовых вод и дренажного стока (таблица 2.31). В этих районах продолжительность стабилизации эколого-мелиоративного процесса при соблюдении промывного режима орошения изменяется в пределах 2-3 лет, в течение которых наблюдается снижение минерализации грунтовых вод до 2-5 г/л, а дренажного стока до 3-5 г/л. Примером этого являются дренажные системы пойменных массивов Центральной Ферганы, Голодной степи, Хорезмской области и других районов (рис.2.20-2.22 и 2.23).

В районах применения систем вертикального дренажа в процессе длительной их эксплуатации (25-30 лет и более) рост минерализации откачиваемых вод не превышает 0.3-0.5 г/л против исходного значения за исключением СВД, расположенных на северо-западной части Голодной степи, где величина увеличения достигала до 1.0-1.5 г/л (рис.2.24). Такая инертность роста минерализации откачиваемых вод объясняется относительно небольшим запасом солей в покровном мелкоземе, участвующем в формировании дренажного солевого стока. Из-за относительно невысокой минерализации (от 0.5 до 3.0 г/л) откачиваемых вод СВД она повсеместно используется на орошение и промывки земель. Поэтому в районах применения СВД вынос солей за пределы орошаемой территории, в основном, осуществляется в перерывах в период от прекращения вегетационных поливов до начала промывок и после промывок до начала поливных сезонов. Кроме того, система вертикального дренажа позволяет легко решить утилизацию дренажных вод, отведя их за пределы орошаемых земель по сбросным каналам, построенным на поверхности земли. В этом заключается одно из преимуществ вертикального дренажа.

III, IV, V, VI типы солевых профилей, характеризующиеся огромными запасами солей, являются основными источниками, а территории, представленные такими эпюрами, критической зоной поставки солей в формирование дренажного солевого стока в бассейне Аральского моря.

Практически все орошаемые территории, представленные этими четырьмя типами солевых эпюр дренируются системами открытого и закрытого дренажа и только в пределах небольших площадей, где формируются IV и V типы солевых профилей внедрен вертикальный дренаж. Из-за огромных запасов солей сосредоточенных на большой толще почвогрунтов в геоморфологических структурах, где формируются III-IV типы солевых эпюр стабилизация эколого-мелиоративных процессов продолжается длительное время - несколько десятков лет. Примером являются юго-восточные и юго-западные массивы в новой зоне орошения Джетысай-Каракаройского понижения, Голодной степи, Чарыкульское понижение в Каршинской степи и орошаемые массивы межконусных понижений в Ферганской долине, а также территории, расположенные в пределах озерных отложений в северной Каракалпакии, где минерализация вод дренажного стока остается довольно высокой - 6-12 г/л и более (табл.2.31). Эти массивы введены в сельхозоборот в 1960-70 годы. Таким образом при мелиорации земель в мобилизации солевых масс главное значение имеют не типы дренажа, а запасы солей в почвогрунтах и их распределение в зоне активного влияния. В связи с этим при прогнозных расчетах минерализации дренажного стока следует учесть распределение солевых запасов не только зоны аэрации, но и нижних слоев.

Таблица 2.31

Изменение зоны активного водо- и солеобмена в районе внедрения вертикального и горизонтального дренажа  
в зависимости от характера распределения запасов солей

Показатели	Вид данных	По зоне вертикального дренажа		По зоне горизонтального дренажа	
		поверхностное засоление	глуб.засоление (весь мелкозем)	поверхностное засоление	глуб.засоление (весь мелкозем)
Скорость снижения УГВ, см/сут	<u>исходн.</u> достигн.	<u>1.5-3.0</u> 4-10	<u>0.5-2.5</u> 3-10	<u>0.08-2.7</u> 4-2.5	<u>0.5-6.0</u> 3-2
Дренажный сток, м <sup>3</sup> /га в год	-	2500-7880	4500-5670	2400-22000	2800-15000
Темп выноса солей, т/га в год	-	7-60	4-80	4-26	6-30
Зона активного водо- и солеобмена, м	<u>водообмена</u> солеобмена	<u>25-100</u> 3-15	<u>до 100</u> 18-20	<u>8-110</u> 1.5-10	<u>10-110</u> 10-50
Минерализация грунтовых вод, г/л	<u>исходн.</u> <u>достигн.</u> современ.	<u>5-50</u> <u>1.2-6.0</u> 1.2-3.0	<u>5-25</u> <u>3-6</u> 3-5	<u>3-60</u> <u>3-15</u> 3-5	<u>5-60</u> <u>6-30</u> 5-10
Минерализация дренажного стока, г/л	<u>исходн.</u> <u>достигн.</u> современ.	<u>0.45-15.0</u> <u>0.45-3.0</u> 0.5-3.0	<u>1.4-15.0</u> <u>1.5-8.0</u> 2-5	<u>2-20</u> <u>1.5-5.0</u> 1.5-4.5	<u>5-50</u> <u>5-20</u> 6-15
Местоположение объектов и индексы ОПУ		Ферганская долина, Голодная степь, Бухарская обл., Кзылкумский, Арысь-	Голодная степь Узбекистан и Казахстан (02.19, 02.27, 02.30, 02.36, 02.37, 02.7, 02.9 Уз.)	Р.Каракалпакстан, Хорезмская, Бухарская, Ферганская, Сырдарь- инская обл., Арысь- Тур- кестанский,	Голодная степь Узбекистан и Казахстан (02.12, 02.14, 02.20, 02.27, 02.28, 02.29, 02.30 Узб.)

Туркест.массив  
Ленинабадская обл.

(02.24, 02.33, 02.4,  
02.18,  
02.30, 02.11, 02.13,  
02.14,  
02.10 Уз.) и (02.1,  
02.2,  
02.3 Каз.) 02.1 Тадж.

Кзылкумс-  
кий массив  
Ашхабадс-  
кая обл.

(02.1, 02.2, 02.8, 02.7,  
02.23-02.25 Уз.),  
(02.2, 02.6 Каз.),  
(02.1, 02.2 Турк.)

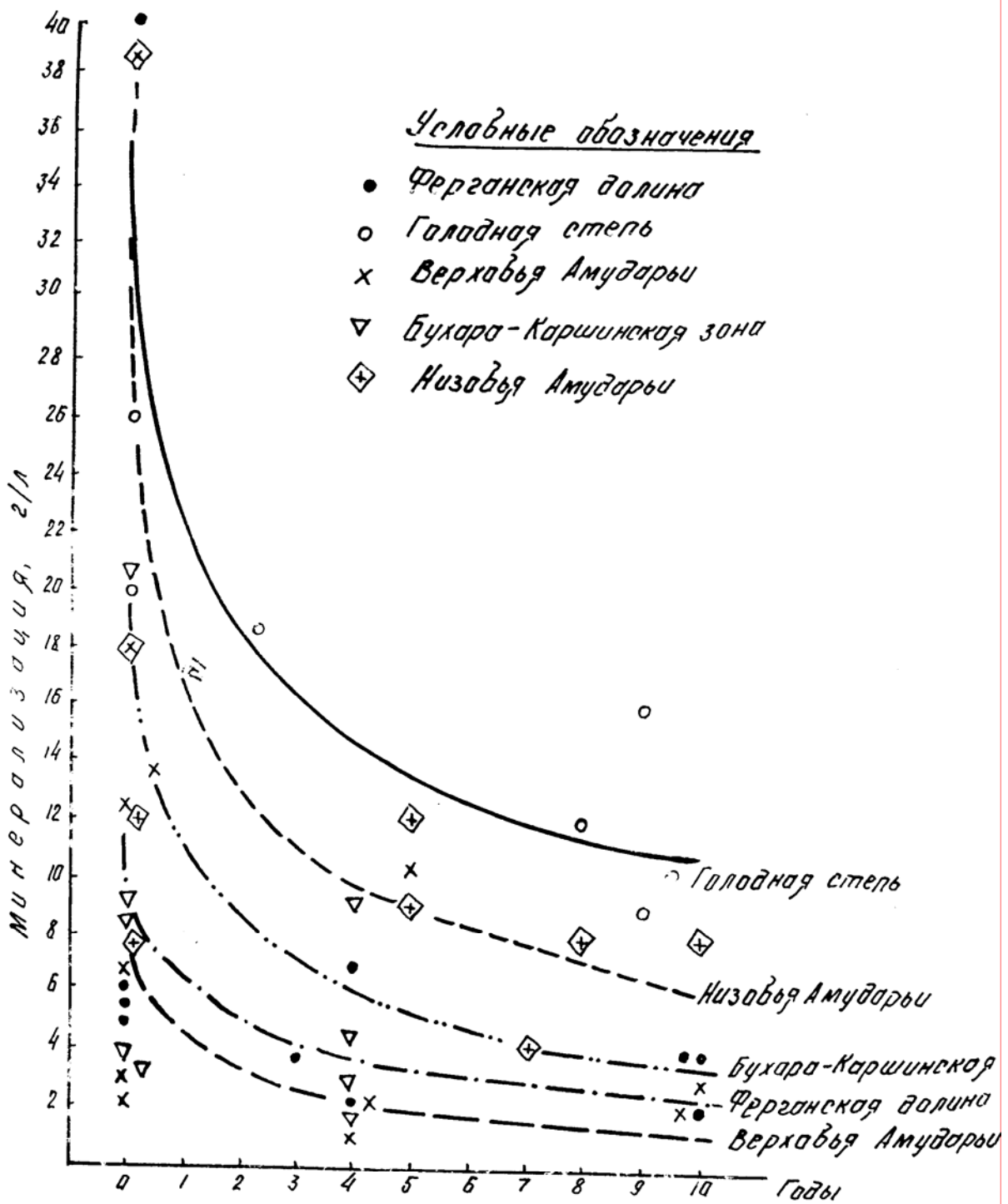


Рис. 2.20. Изменение минерализации дренажного стока по зонам дренирования. По данным пилотных участков



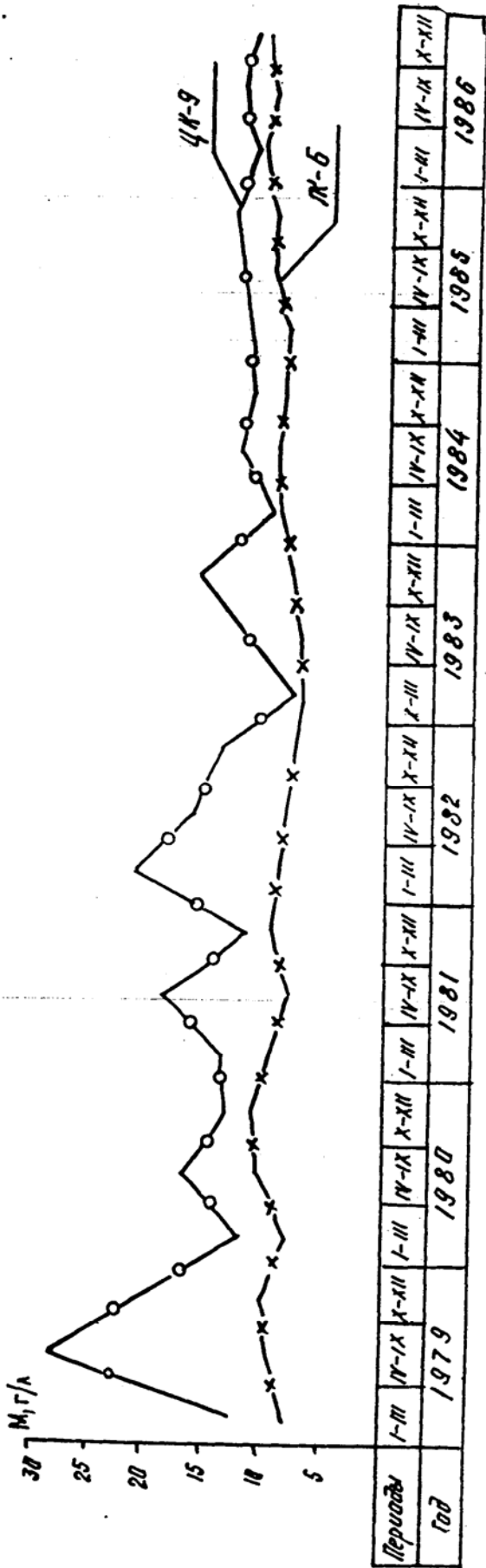


Рис. 2.21. Изменение минерализации дренажного стока в зоне IV и VI типа солёных элюв (коллекторы ЦК-9 и М-б Джизакской области)

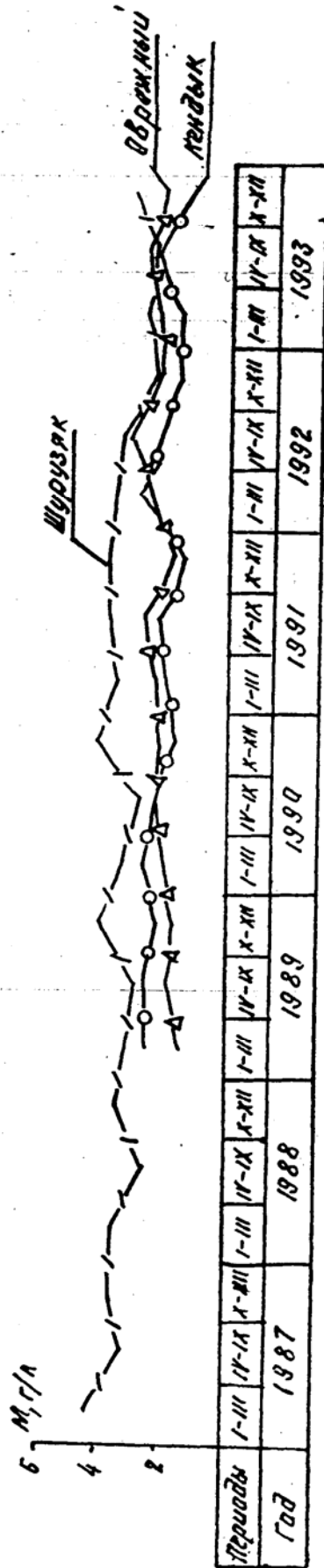


Рис. 2.22. Изменение минерализации дренажного стока в зоне II-типа солёных элюв (коллекторы Шурузьяк, Двражний, Кендык в Гораднэй станице)

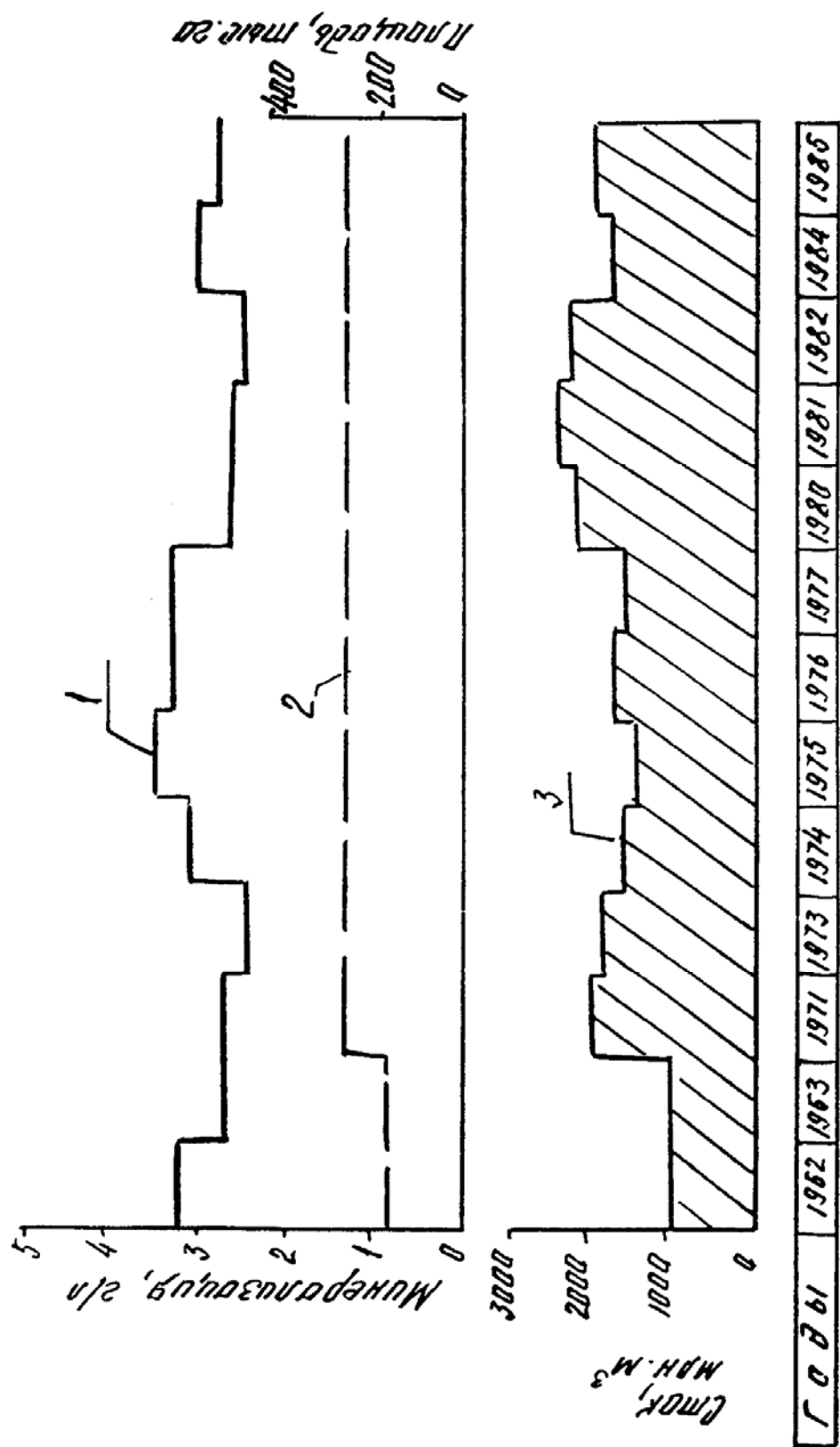
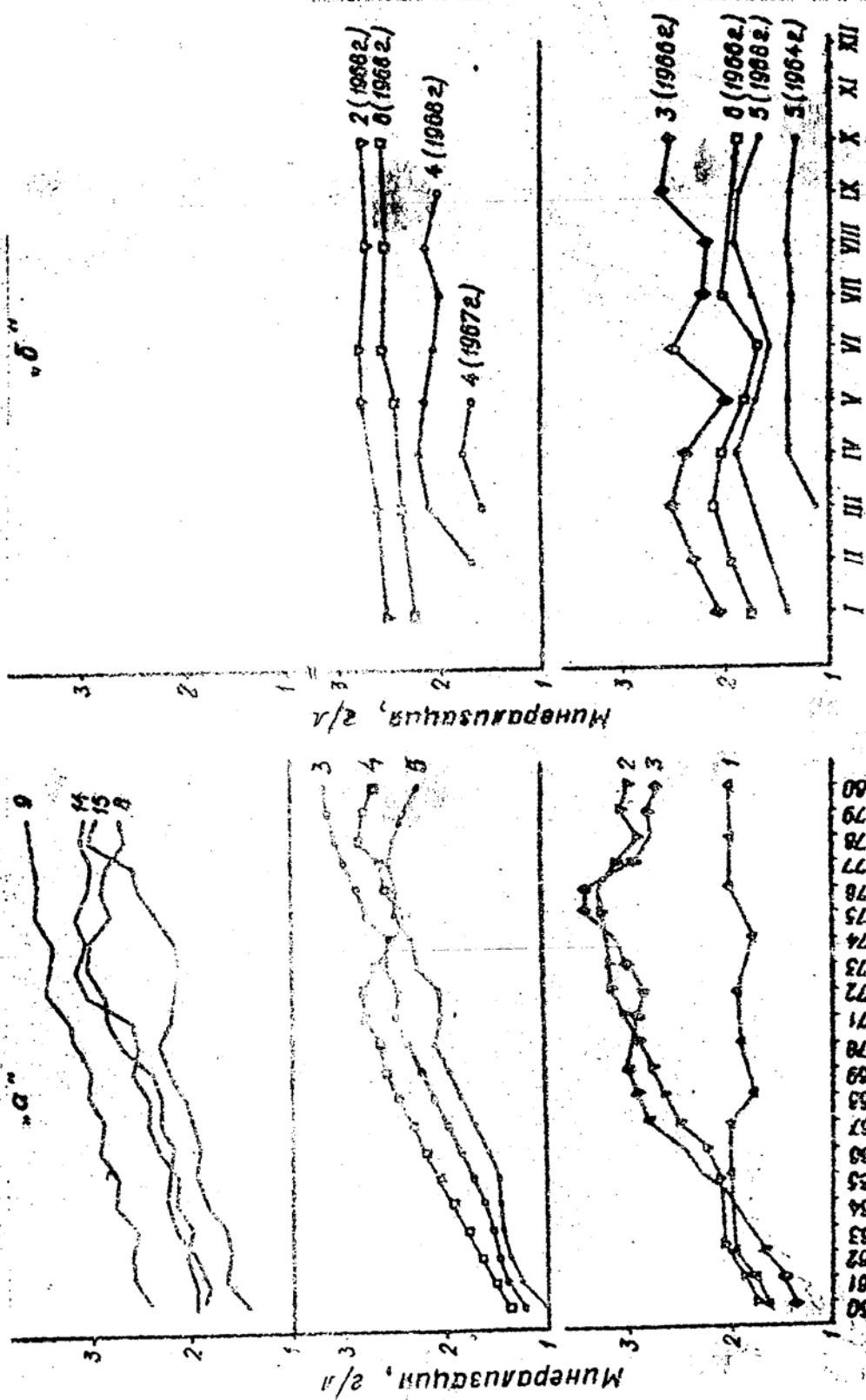


Рис. 2.23. Многолетняя динамика стока и минерализации по системе коллекторов Ачккуль Ферганской области (гидропост №60)  
 1 - минерализация; 2 - площадь обслуживания; 3 - сток.



1, 2, 3, 4, 5, 6 - номера скважин

Рис. 2.24. Динамика минерализации дренажных вод в совхозе "50 лет Узбекистана" за период 1960-1980 гг.

## 2.2.10. Техничко-экономическое сравнение эффективности регулирования водно-солевых процессов и выбор оптимальных типов дренажа для мелиорации засоленных земель

Анализ информации по результатам натурных исследований формирования и управления водно-солевого режима почв и эколого-мелиоративных процессов на фоне дренажных систем показал высокую мелиоративную и технико-экономическую эффективность совершенных типов дренажа в рассматриваемых гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условиях. При этом зону эффективного применения того или иного типа дренажа из природных признаков определяет в основном литологическое строение и напорность подземных вод и их гидравлическая связь с грунтовой водой.

Система вертикального дренажа показала высокую мелиоративную эффективность в гидрогеологических условиях, представленных двух- и многослойными отложениями с напорными или субнапорными подземными водами, перекрытыми сверху покровными мелкоземами, имеющими хорошую гидравлическую связь с водами нижних водоносных горизонтов. Практически все опытно-производственные участки (совхозы: Социализм, Бешарык, Каган, Бухара в Узбекистане; совхозы: Достык, Пахтаарал, Макталы, Бояркудук, Коммунизм, Икан в Казахстане и ОПУ расположенные в Вахшской долине Таджикистана), а также региональные системы внедрения СВД: в Пахтааральском, Джетысайском, Кировском районах, Кзылкумском, Притуркестанском, Теренузакском, Янакурганском массивах Казахстана, старой зоне Голодной степи, в Центральной Фергане, в Бухарском, Каганском, Вабкентском и Гиждуванском районах, части Каршинской степи Узбекистана, на большей части Чуйской долины Кыргызстана и Вахшской долины Таджикистана действуют и эксплуатируются в указанных гидрогеологических условиях.

Область применения горизонтального дренажа по всем представленным пилотным участкам характеризуется более тяжелыми гидрогеолого-почвенно-мелиоративными условиями по сравнению с районами применения СВД: почвогрунты на большую глубину имеют низкие коэффициенты фильтрации (0.01-0.3 м/сут) и равномерное распределение огромных запасов солей в зоне активного водообмена, достигающих до 3.5-5.0 тыс.тн/га на 20-метровый слой (большая часть новой зоны орошения Голодной степи - ОПУ в совхозах № 5 и 6, колхозе им.Ниязова Ферганской области, в колхозах Ленинград и Исфара Чарджоуской области Туркменистана и др.). ОПУ ЗГД расположенные в двух- и многослойных отложениях, перекрытых сверху маломощными слабопроницаемыми грунтами характеризуют данные по участкам в Хорезмской области, Каракалпакстане (в Узбекистане), низовьях реки Сырдарьи (в Казахстане), Чуйской долине (Кыргызстан).

Показатели эффективности совершенных типов дренажа по всем ОПУ приведены в приложении 10, а в обобщенном виде представлены в табл.2.32. В указанных природно-хозяйственных условиях регулярная эксплуатация совершенных типов дренажа на всех опытно-производственных участках и крупных массивах дала возможность:

увеличить коэффициент земельного использования от 95 до 96 % в зоне применения ЗГД и до 99 % в зоне СВД;

Таблица 2.32

Показатели мелиоративной и технико-экономической эффективности  
совершенных типов дренажа

Показатели	Тип дренажа	
	закрытый го- ризонтальный	вертикальный
Коэффициент земельного использования (КЗИ), %	95-96	98-99
Увеличение дренированности земель за счет обеспечения стабильной глубины дренажа, предотвращения поверхностного сброса и увеличения скорости снижения грунтовых вод, %	15-25	25-35
Диапазон регулирования уровня грунтовых вод, м	2.0-2.8	2.0-5.0
Продолжительность мелиоративного периода, лет	5-8	3-4
Ускорение темпов рассоления почвогрунтов за счет создания оптимального мелиоративного режима (увеличение свободной емкости почвогрунтов), раз	1.25-1.3	1.5-2.0
Экономия воды за счет ликвидации поверхностного сброса, %	10	15-20
Экономия воды за счет создания лучшего мелиоративного режима, ускорения темпов рассоления, %	15-25	25-40
Удельные затраты на единицу урожая, м <sup>3</sup> /ц	220-600	200-400
То же, по контрольному варианту, м <sup>3</sup> /ц	400-800	400-650
Продуктивность оросительной воды, кг/м <sup>3</sup>		
То же, по контрольному варианту, кг/м <sup>3</sup>	0.25-0.35	0.25-0.35
То же, по рекомендациям ФАО, кг/м <sup>3</sup>	0.4-0.6	0.4-0.6
Удельные затраты воды на вынос 1 тн солей, м <sup>3</sup> /тн:		
в верхнем течении	530-688 (900 А.д)	300-400
в средних течениях	220-320	220-250
в низовьях	470-650	350-400
Стоимость строительства дренажа, сум/га (в ценах 1996 г.)	63000 <sup>х)</sup>	22000 <sup>хх)</sup>
Эксплуатационные затраты, сум/га (цены 1996 г.)	258-330	350-380

**Примечание:** <sup>х)</sup> - стоимость строительства ЗГД для площади 200 га при удельной протяженности L= 50 м/га по данным проектного института Узгипроводхоз составляют 13.0 млн.сум.

<sup>хх)</sup> - стоимость 1 скважины вертикального дренажа с площадью обслуживания 200 га и глубиной 60 м составляет 4.4 млн.сум.

- увеличить дренированность территории за счет обеспечения стабильной глубины дренажа, управлять скоростями снижения уровня грунтовых вод; диапазон регулирования УГВ составил от 2 до 2.8 м в зоне внедрения ЗГД, а в зоне внедрения СВД - от 2 до 5 м (среднегодовые);

- увеличить темпы рассоления почвогрунтов от 1.25 до 1.3 раза в условиях эксплуатации ЗГД и 1.5-2.0 раза в условиях СВД за счет создания оптимального мелиоративного режима;

- добиться экономии воды за счет создания лучшего мелиоративного режима, ликвидации поверхностного сброса соответственно от 10 до 25 и от 15 до 40 % соответственно по типам дренажа;

- снизить и выровнять минерализацию грунтовых вод до 3-4 г/л даже на тех участках, где исходные их величины составляли от 14 до 50 г/л;

- создать оптимальные условия для повышения продуктивности почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Практически на всех участках и массивах в течении 3-4 лет была обеспечена прибавка урожайности хлопчатника в размере 5-12 ц/га. Продуктивность оросительной воды составила от 0.35 до 0.57 кг/м<sup>3</sup> в условиях закрытого дренажа против исходного 0.2-0.37 кг/м<sup>3</sup>; в условиях вертикального дренажа она составила от 0.35 до 0.6 кг/м<sup>3</sup> против исходного 0.25-0.35 кг/м<sup>3</sup> (контрольный вариант). То есть в условиях эксплуатации совершенных типов дренажа продуктивность используемой воды повысилась и лежит в пределах рекомендуемых ФАО - 0.4-0.6 кг/м<sup>3</sup> (по хлопчатнику);

- удельные затраты воды на единицу выращиваемого урожая составляют от 220 до 600 м<sup>3</sup>/ц в условиях ЗГД и от 200 до 450 м<sup>3</sup>/ц в условиях СВД.

На основе статистической обработки полученной информации для старой зоны орошения Голодной степи установлена зависимость роста урожайности хлопчатника от коэффициента дренированности

(отношение  $\frac{D_{гор.} + D_{вер.}}{O_c + \sum B} = K_{др.}$ ) и промывного режима орошения

$(K_{пр.} = \frac{O_c + \sum B - C_6}{ET})$ , которая описывается уравнениями, приведенными на рисунках

2.25 и 2.26.

По материалам этих рисунков высокая урожайность хлопчатника (30-35 ц/га) для тяжелых гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условий старой зоны орошения Голодной степи, имеющих напорные и субнапорные водоносные пласты, достигается при коэффициенте дренированности и промывного режима орошения соответственно  $K_{др.} = 0.4-0.5$  и  $K_{пр.} = 1.15-1.2$ . По мере опреснения почв и грунтовых вод их можно снизить до 0.3-0.35 и 1.1-1.15.

Для новой зоны орошения Голодной степи, где на большей части применяется ЗГД в условиях тяжелой зоны дренирования также установлена связь урожайности хлопчатника от  $K_{др.}$  и  $K_{пр.}$ , что показано на рисунках 2.27 и 2.28.

С другой стороны анализ приведенных фактических материалов показывает, что нельзя противопоставлять эффективность того или иного типа дренажа в рассматриваемых условиях. Результаты показывают, что каждый тип дренажа достаточно эффективен в определенных природно-хозяйственных условиях и, в конечном итоге, выбор наиболее целесообразного типа должен решаться на основе технико-экономического обоснования по приведенным затратам.

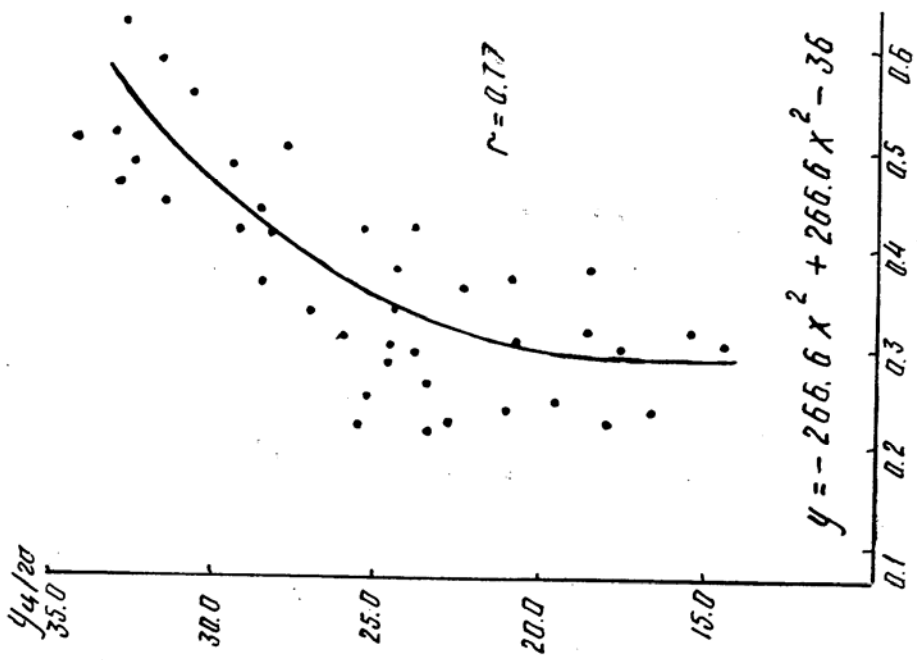


Рис. 2.25 Зависимость урожайности хлопчатника от коэффициента дренированности по ирригационным массивам старой зоны орошения Голодной степи.

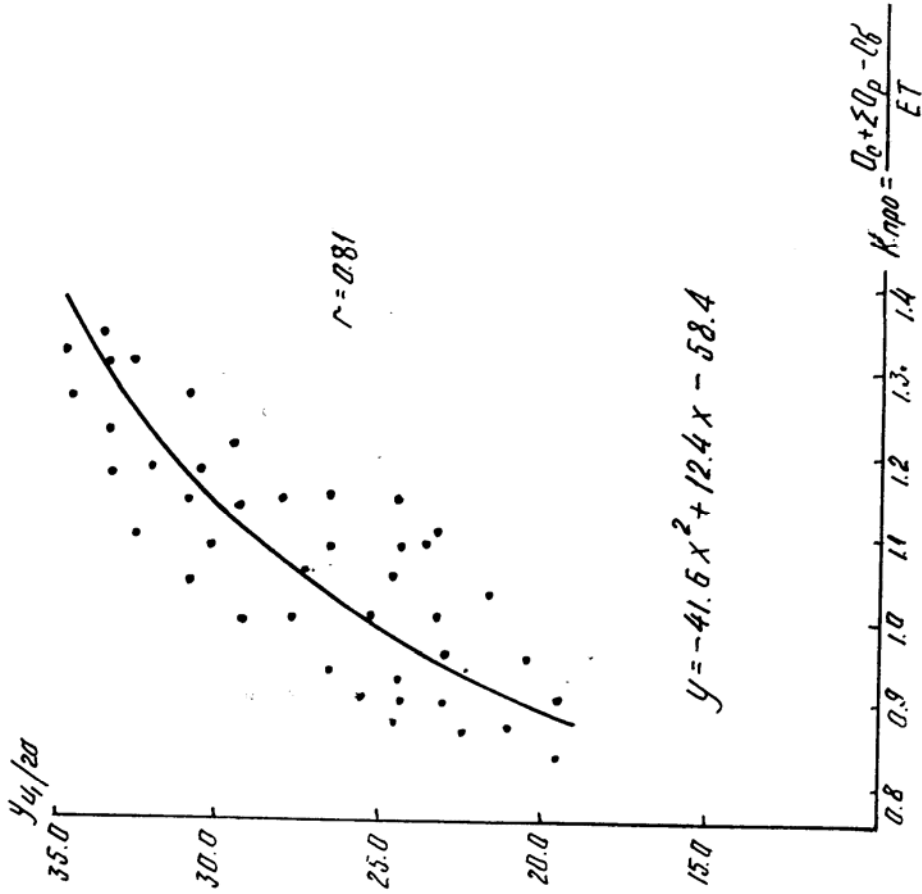


Рис. 2.26 Зависимость урожайности хлопчатника от коэффициента промывки по ирригационным массивам старой зоны орошения Голодной степи.

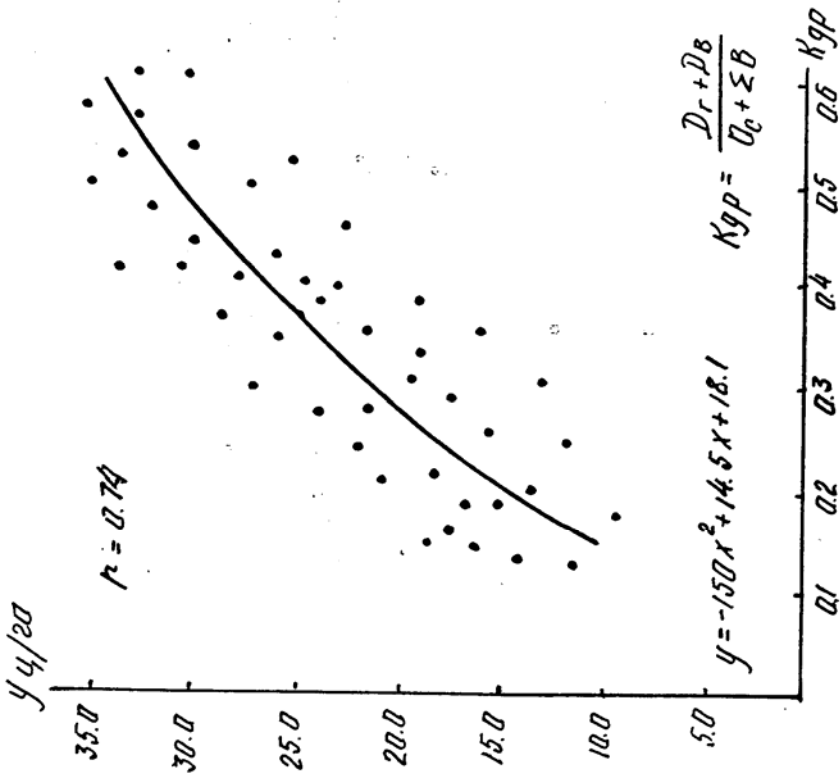


Рис. 2.27. Зависимость урожайности хлопчатника от коэффициента орошения в Новой зоне орошения Голландской с. пп

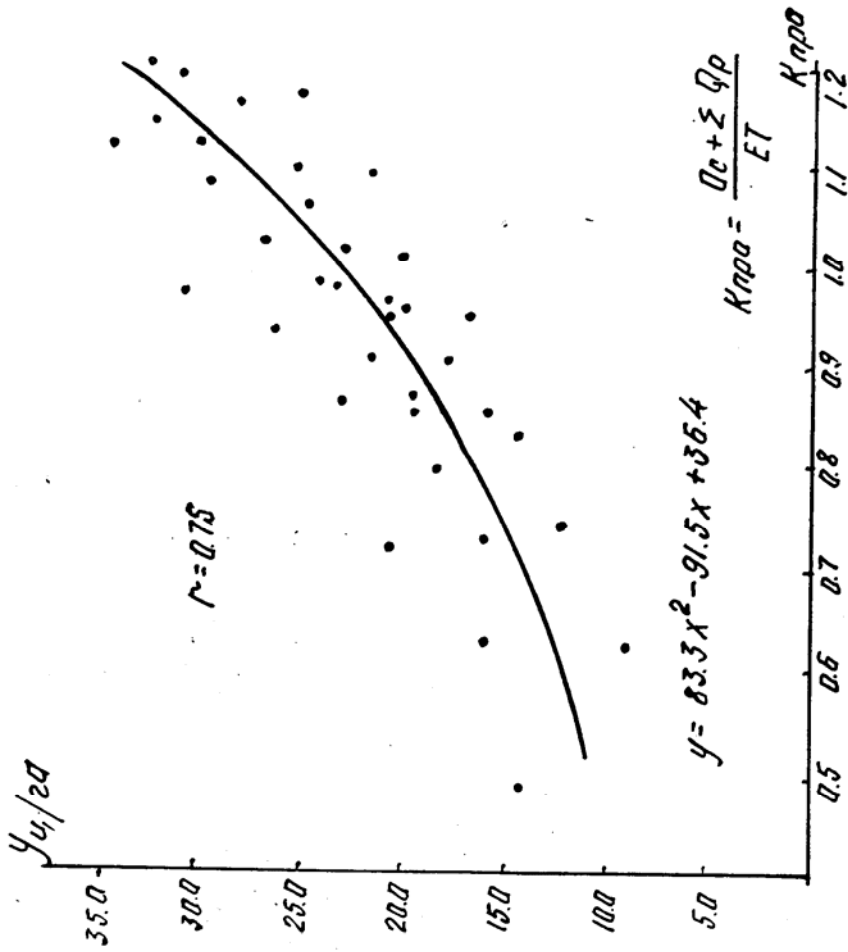


Рис. 2.28. Зависимость урожайности хлопчатника от коэффициента орошения в Новой зоне орошения Голландской с. пп.



Удельная стоимость строительства закрытого горизонтального дренажа в республике Узбекистан по данным проектного института “Узгипроводхоз” составляет в ценах 1996 года 63000 сум/га, а скважины вертикального дренажа - 22000 сум/га. Эксплуатационные затраты ЗГД и СВД в современных условиях по материалам гидрогеолого-мелиоративной экспедиции Сырдарьинской области и проектных организаций изменяется соответственно в пределах 258-330 сум/га и 330-380 сум/га по типам дренажа, табл.2.32.

Однако область и диапазон возможности применения ЗГД по природным признакам в Центральной Азии несколько обширнее, чем таковые по СВД. В то же время в определенных гидрогеолого-мелиоративных условиях возможность управления водно-солевыми режимами и эколого-мелиоративными процессами с помощью СВД больше. СВД позволяет регулировать уровни и скорости снижения грунтовых вод в широких диапазонах и, тем самым, управлять темпы водообмена и солеобмена между зоной аэрации и грунтовой водой. Кроме того, СВД позволяет легко управлять дренажным стоком как в решении его использования в местах формирования, так и отвода за пределы орошаемых земель, исключая сброс в ствол реки.

**Выводы и предложения по II направлению,  
раздел а) “Управление водно-солевыми режимами  
и эколого-мелиоративными процессами на фоне дренажных систем,  
промывок и промывного режима орошения”**

1. В настоящее время в пределах Центральной Азии орошается около 7.95 млн.га земель, из которых более 5 млн.га засолены и подвержены к засолению. Засоленные почвы наносят определенный ущерб сельскохозяйственному производству. В зависимости от степени и типа засоления ущерб проявляется не только потерями урожайности, но и потерями водных, материально-технических и трудовых ресурсов. На слабозасоленных почвах потери урожайности более солеустойчивых культур, таких как хлопчатник, изменяются в пределах 15-20 %, средnezасоленных 20-50 %, сильнозасоленных - 50-80 %, а на солончаках полностью погибает растение. Годовая удельная норма водоподачи на орошаемое поле, представленное незасоленными почвогрунтами на 20-50 % ниже, чем таковые на засоленных. Аналогичная картина ущерба наблюдается и по перерасходу материально-технических и трудовых ресурсов.

В связи с этим борьба с засолением орошаемых почв является важнейшей проблемой орошаемого земледелия. Практически во всем мире решение этой проблемы основано на усилении дренированности орошаемой территории с помощью искусственного дренажа и на его фоне проведении промывки почв и промывного режима орошения в сочетании с передовыми приемами агротехники и различными “ускорителями” выщелачивания и выноса солей. Поскольку рассоление почв основано на применении искусственного дренажа, в Центральной Азии при освоении новых и мелиорации засоленных староорошаемых земель нашли широкое внедрение различные типы и конструкции дренажа: горизонтальный открытый, закрытый, система вертикального и комбинированного дренажа.

Из общей орошаемой площади Центральной Азии 5.2 млн.га требует строительства искусственного дренажа. Фактически дренажем обеспечены 4.7 млн.га. На этой площади по состоянию на 1.01.1996 год построено 174.5 тыс.км (или 39.4 м/га) горизонтального дренажа (в том числе 145.4 тыс.км внутривладельческого) и 8650 скважин вертикального дренажа на площади 794 тыс.га (средняя площадь обслуживания 1 скважины 85.5 га при максимуме 250-300 га).

Практически во всех регионах развития искусственного дренажа достигнут определенный мелиоративный и экономический эффект, где при нормальном уровне его эксплуатации и соблюдении требований промывного режима орошения формируется отрицательный водно-солевой баланс орошаемого земледелия с выносом солей от 5-10 тн/га до 50 тн/га и более. Наиболее высокий мелиоративный эффект наблюдается в зонах развития совершенных систем дренажа. В целом на фоне построенных систем дренажа в бассейне Аральского моря ежегодно формируется до 36-40 км<sup>3</sup> дренажного стока с выносом солей 120-130 млн.тн, большая часть которых возвращается в стволы рек, загрязняя их ингредиентами.

Однако развернутые в 1960-1985 г. строительные-эксплуатационные работы по интенсивному искусственному дренированию земель совершенными типами дренажа за последние десятилетия приостановлены во всех республиках Центральной Азии из-за ограниченности средств на их строительство. В то же время во всех республиках, за исключением Узбекистана, практически эксплуатацией дренажных систем не занимаются. И Узбекистан, в основном, проводит эксплуатационные работы по межхозяйственной КДС, а внутрихозяйственный дренаж находится в запущенном состоянии. Между тем, высокая эффективность совершенных типов дренажа проявляется не только в улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель, но и в экономии оросительной воды и повышении урожайности сельскохозяйственных культур, что видно из материалов, представленных по тендеру регистра ИПТРИД по II-направлению “Обобщения результатов натуральных исследований предыдущих пилотных проектов по ирригации и дренажу”.

По II направлению Обобщения под названием “Управление водно-солевыми режимами почв и мелиоративно-экологическими процессами на фоне дренажа, орошения и промывок засоленных земель” в составе регистра содержится аннотированный текст и первичная информация по 75 пилотным объектам, расположенным в различных природных условиях бассейна Аральского моря, из которых 10 проектов по крупным регионам площадью 50-150 тыс.га и более, 7 по капитальным промывкам на фоне различных типов дренажа.

Пилотные проекты (объекты) распределены по республикам ЦАР следующим образом:

- По Республике Узбекистан - 41, в т.ч. 15 охватывает результаты исследований системы ВД.
- По Республике Казахстан - 18, из которых 14 относятся к СВД.
- По Республике Таджикистан - 9, в т.ч. 2 объекты - смешанная система вертикального и горизонтального дренажа.
- По Республике Туркменистан - 4 объекта, которые представлены горизонтальным дренажем.
- По Республике Кыргызстан - 3, из которых 1 объект относится к системе ВД.

Представленная информация по дренажным пилотным объектам, характеризующая определенные природные зоны, показывает высокую мелиоративную эффективность совершенных типов дренажа, которая проявляется в:

- управлении дренажным стоком;
- управлении водно-солевым режимом почв и водно-солевым балансом орошаемых земель;
- ускорении рассоления почвогрунтов и опреснении грунтовых вод, а также снижении минерализации дренажного стока;
- увеличении урожайности сельхозкультур и продуктивности оросительной воды;
- водосбережении;

- повышении культуры земледелия на засоленных почвах.

2. По представленной информации, в зависимости от природных условий, система горизонтального дренажа нашла применение, главным образом, на территории, представленной однослойными слабопроницаемыми отложениями с коэффициентом фильтрации 0.03-3.0 м/сутки. Этот тип дренажа применялся так же в случае двух- и многослойных отложений с мощностью покровного мелкозема  $m \leq 3-5$  м, а также в условиях сильно расчлененного рельефа (рис.1). Обычно на указанных геоморфолого-гидрогеологических структурах формируются III-VI типы солевых профилей с распределением огромных запасов солей (1.5-5.0 тыс.тн/га) и высокой минерализацией грунтовых вод (15-50 г/л) на большую глубину почвогрунтов. Эти запасы солей и минерализация грунтовых вод определяют при эксплуатации дренажа характер и продолжительность эколого-мелиоративных процессов, являясь основным поставщиком выноса солей в дренажный сток. Примером развития крупных систем горизонтального дренажа является новая зона Голодной, Каршинской, Джизакской, Шерабадской степей, низовья Сырдарьи и Амударьи, Чуйская долина Кыргызстана, Тедженская и Марийская области Туркмении и др.

Вертикальный дренаж получил развитие на территориях, где литологическое строение представлено двух- и многослойными отложениями с водонасыщенными напорными пластами проводимостью ( $K_{\phi} \times m$ ) больше 200-500 м<sup>2</sup>/сут. Этот вид дренажа наибольший эффект дал в условиях, где мощность покровного мелкозема изменяется в пределах от 10 до 30-45 м, а сопротивление отложений

$$n \quad m_i \\ (\Phi = \sum \text{-----})$$

$i=1 \quad K_{\phi i}$  равно 25 - 700 сут. При мощности покровного мелкозема  $m \leq 10$  м вертикальный дренаж создает большую неравномерность снижения УГВ на территории, а при  $m \geq 45$  снижается эффект от увеличения сопротивления мелкозема. В условиях, где мощность покровного мелкозема  $m \leq 10$  м, лучшие показатели мелиоративной эффективности достигаются при комбинированном дренаже. В этих гидрогеологических условиях в основном формируется I тип солевого профиля с поверхностным распределением запасов солей на глубину 1.0-2.5 м. Запасы солей в этих слоях изменяются в пределах от 450 до 550 тн/га, а ниже почвогрунты практически опреснены под действием напора подземных вод.

Минерализация грунтовых вод в зоне формирования поверхностного засоления варьирует от 5 до 14, максимум до 20 г/л на орошаемых землях и до 50-100 г/л на перелогах. Запасы солей на перелогах достигают 1.5-1.750 тн/га (рис.1).

Объектами широкого внедрения вертикального дренажа в Центральной Азии являются: Ферганская долина, Бухарский оазис, старая зона орошения Голодной степи, часть территории Каршинской и Шерабадской степей, а также рисовые массивы низовьев реки Сырдарьи на территории Казахстана и орошаемые земли подкомандные Арысь-Туркестанскому каналу.

Следует отметить, что в геоморфолого-гидрогеологических условиях, где формируется II тип солевого профиля с поверхностным накоплением солей, стабилизация эколого-мелиоративных процессов достигается намного быстрее и гораздо легче, нежели в III-VI типах солевых эпюр на фоне как ГД, так и СВД.

3. Результативность управления эколого-мелиоративными процессами на засоленных землях во-многом зависит от параметров дренажных систем (глубина дренажа, междреннее расстояние, расходы и площади обслуживания одной скважины), которые обуславливают формирование градиента напора, дренажного модуля

(дренажного солевого стока), а также водно-солевых режимов почв и балансов орошаемых земель при поступлении опресненных вод.

Параметры дренажных систем пилотных проектов, представленных по тендеру, изменяются в широких пределах. Параметры закрытого горизонтального дренажа варьируют в следующих пределах:

- по бассейну Сырдарьи:

верхнее течение - Ферганская область,  $h = 2.5-3.0$  м;  $B = 200-250$  м;  $L_{уд.прот.} = 40$  м/га; Ленинабадская область -  $h = 2.2-2.4$  м,  $L_{y.п.} = 50$  м/га; Чуйская долина -  $h = 3.5-4.5$  м,  $L_{y.п.} = 20-60$  м/га; Среднее течение - Голодная степь:  $h = 2.8-3.5$  м,  $L_y = 70-110$  м/га; Нижнее течение (Казахстан) -  $h = 1.6$  м,  $L_{y.п.} = 20-110$  м/га;

- По бассейну Амударьи:

- верхнее течение представлено ОПУ Таджикистана, которые имеют  $h = 1.6-1.8$  до  $3.5-4.5$  м, при удельной протяженности  $L = 38$  до  $84$  м/га;

- среднее течение (Бухара и Карши) -  $h = 3-3.5$  м,  $L_y = 55-60$  м/га (Карш.степь);  $h = 2.2-2.5$  м,  $L_{y.п.} = 25$  м/га (Бухар.обл.);

- нижнее течение представлено пилотными участками Р.Туркменистан, Респ.Узбекистан: Чарджоуский вилоят -  $h = 2-2.2$  м и  $h = 2.5-3$  м,  $L_{y.п.} = 20$  м/га; Хорезмская область -  $h = 1.5-3.0$  м и  $h = 1.6-2.7$  м,  $L_{y.п.} = 30-74.0$  м/га; Респ.Каракалпакстан -  $h = 1.8-2.5$  м,  $L_{y.п.} = 44-47$  м/га; а по региональному проекту  $h = 1.8-3.6$  м,  $L_{y.п.} = 30-32$  м/га; закрытый дренаж на рисовой системе Р.Каракалпакстан имеет глубину  $h = 2.0$  м при  $L_y = 36.0$  м.

По представленным материалам относительно мелкими дренами ( $1.5-2.0$  м) дренированы пилотные проекты, расположенные в низовьях рек Сырдарьи и Амударьи, а глубокими  $3.0-3.5$  м на территориях приурезанных в среднем их течении - Голодная и Каршинская степи, где природные условия наиболее тяжелы. Формируемые дренажные модули на орошаемых землях пилотных проектов изменяются в зависимости от вододачи и размера подземного притока в широких пределах - от  $0.05$  до  $0.3$  л/сек, а в низовьях рек, где преобладает рисовая оросительная система,  $0.3-0.8$  л/сек при изменении градиентов напора  $0.5-2.5$  м.

#### Система вертикального дренажа (СВД).

По системе ВД параметры скважин так же варьируют в широких пределах, определяемых природными условиями (литологическим строением территории):

- Опытные-пилотные участки систем вертикального дренажа, расположенные в Ферганской долине и низовье Сырдарьи (ниже Чардаринского водохранилища), имеют скважины глубиной от  $25$  до  $50-60$  м. Дебиты скважин по участкам Ферганской долины изменяются от  $40$  до  $100$  л/сек, при удельном дебите  $50-15$  л/сек. Зона обслуживания одной скважины  $80-150$  га из-за значительного размера подземного притока.

- Глубина скважин в низовьях Сырдарьи колеблется от  $30$  до  $60$  м,  $Q = 25-50$  л/сек,  $q = 2-5$  л/сек. Площадь обслуживания  $\omega = 150-200$  га.

- Глубина скважин СВД на ОПУ Голодной степи изменяется от  $50$  до  $80$  м,  $Q = 50-100$  л/сек,  $q = 3-10$  л/сек, а  $\omega = 150-300$  га.

- Глубина скважин, расположенных на ОПУ в зоне Арысь-Туркестанского канала,  $40-60$  м,  $Q = 25-100$  л/сек,  $q = 3-10$  л/сек, а  $\omega = 80-120$  га.

- Глубина скважин СВД по Бухарской области и Каршинской степи -  $25-60$  м,  $Q = 25-100$  л/сек,  $q = 2-10$  л/сек, а  $\omega = 100-150$  га.

- Глубина скважин СВД по участкам Вахшской долины изменяется в пределах  $40-60$  м,  $Q = 50-100$  л/сек и более,  $\omega = 80-100$  га.

Дренажный модуль ОПУ по СВД имеет также широкий диапазон колебания ( $0.05-0.3$  л/сек) и зависит, главным образом, от величины вододачи и подземного

притока. Наиболее высокое значение приходится на Ферганскую долину и Голодную степь, где преобладает подземный приток со стороны, а наименьшее - на низовья Сырдарьи, Бухарскую область и Каршинскую степь.

4. В решении проблемы управления водно-солевыми режимами почв, водносолевыми балансами орошаемых земель и управления водным и солевым стоком дренажных систем определенное значение играет водопоступление на мелиорируемую территорию.

В Центральной Азии источником поступления воды и солей на орошаемую территорию является водоподача, атмосферные осадки и подземный приток, формируемый за счет поверхностных вод и притока со стороны. Из всего годового объема водопоступления в формировании эколого-мелиоративных процессов на мелиорируемых землях особая роль принадлежит водоподаче, т.е. оросительным нормам. Годовая оросительная норма (водоподача на пилотные участки) по пилотным участкам изменяется в широких пределах как по зонам дренирования, так и типам дренажа.

Данные таблицы 1 показывают, что в годовой водоподаче на пилотные участки нет особо сильных различий в ее размере по типам дренажа. На пилотных участках СВД водоподача на 10-15 % ниже, чем таковая на участках ЗГД. В тоже время годовое водопоступление на поля с учетом атмосферных осадков, даже при минимальных значениях водоподачи (5.5-6.5 тыс.м<sup>3</sup>/га), намного превышает суммарное испарение по всем зонам и участкам, которое может изменяться в пределах 7.5 - 9.0 тыс.м<sup>3</sup>/га. Следовательно, годовая водоподача по всем зонам и участкам удовлетворяет требованию промывного режима орошения,

т.е.

$$K = \frac{M+O_c}{I+T} \geq 1.0.$$

При этом в годовой водоподаче большее значение приходится на начальную стадию (в первые годы) мелиорации земель на фоне совершенных типов дренажа, а меньшие значения на последующие периоды его работы. Иначе говоря, по мере рассоления почв постепенно уменьшается объем водоподачи. Если в первые годы работы дренажа коэффициент промывного режима изменялся в пределах 1.2-1.3, то в последующем он составлял 1.1-1.15.

Таблица 1

Зона дренирования	Годовая водоподача, м тыс.м <sup>3</sup> /га	
	ЗГД	СВД

Бассейн Сырдарьи

Ферганская	11.2-14.2	8.3-10.4
Чуйская (условно отнесенная к бассейну)	5.5-7.6	5.5-9.6
Ленинабадская	9.8-14	-
Голодностепская	6.5-10.9	6.8-8.9
Кзылкумская (хлопок)	6.8-10.2	8.0-8.9
Низовья Сырдарьи (рис)	19-25	22.8
Арысь-Туркестанская	-	4.5-7.5

### **Бассейн Амударьи**

Вахшская	8.8-25	9.1-11.3
Бухара-Каршинская и Чарджоусская	9.7-13.4	8.9-17
Хорезмская (хлопок)	7.4-26.5	-
(рис)	22-26	-
Низовья (Р.Каракалпакстан)		
(хлопок)	6.8-12	-
(рис)	24-38	-

В объемах водоподачи, приведенных в таблице 1 дренажный сток по зонам и совершенным типам изменяется в пределах, представленных в таблице 2 значениях.

Из данных таблицы 2 видно, что минимальные значения дренажного стока приходятся как на ЗГД, так и на СВД в зону дренирования, расположенных в средних течениях рек Сырдарьи и Амударьи. Это Голодная степь, Бухара-Каршинская и Чарджоуская зона и Чуйская долина, а также зона Арысь-Туркестанского канала, где дренажный сток изменяется от 1.1-2.0 до 4.5-5.0 тыс.м<sup>3</sup>/га. Максимальное значение дренажного стока наблюдается в верхних течениях и низовьях рек, где дренажный сток варьирует от 5-6 тыс.м<sup>3</sup>/га до 11-15.6 тыс.м<sup>3</sup>/га (верт.др.). В верхних течениях рек Сырдарьи и Амударьи высокий дренажный сток формируется за счет “колоссального” подземного притока, а в низовьях - завышенной водоподачи из-за посевов риса.

Таблица 2

Пределы изменения дренажного стока по пилотным участкам совершенных типов по зонам дренирования

Зона дренирования	Дренажный сток, тыс. м <sup>3</sup> /га	
	в год	
	ЗГД	СВД

### **Бассейн Сырдарьи**

Ферганская	5.1-6.1	6.3-9.2
Чуйская (условно отнесенная к Сырдарье)	1.4-1.7	1.7-4.2
Ленинабадская	3.0-3.5	-
Голодностепская	1.1-2.8	2.0-4.5
Кзылкумская	5-7	2.5-3.5
Низовья (рис)	5-10 и более	8-11
Арысь-Туркестанская	1.6-2.8	1.5-1.7

### **Бассейн Амударьи**

Вахшская	2.8-15.2	4.5-6.5
Бухара-Карши-Чарджоусская	2.0-5.0	2.5-5.5
Хорезмская	3.7-15.6	-
Низовья (Р.Каракалпакстан)		
Хлопок	2.1-6.7	-
Рис	9-1.7	-

Высокое значение дренажного стока по Ферганской долине, как по ЗГД, так и СВД объясняется за счет большого внешнего притока подземных вод.

Таким образом, дренажный модуль (сток) всех пилотных объектов, за исключением ОПУ, расположенных в зоне Арысь-Туркестанского канала и Чуйской долине, лежит в пределах оптимальной дренированности и несколько выше, при котором обеспечиваются благоприятные условия мелиорации засоленных земель при условии соблюдения агроприемов и, главным образом, промывного режима орошения.

5. Анализ информации по результатам натурных исследований формирования и управления водно-солевого режима почв и эколого-мелиоративных процессов на фоне дренажных систем показывает высокую мелиоративную и технико-экономическую эффективность совершенных типов дренажа в определенных гидрогеолого-мелиоративных условиях. При этом зону эффективного применения того или иного типа дренажа определяет из природных признаков, в основном, литологическое строение и напорность подземных вод и их гидравлическая связь с грунтовой водой. Системы вертикального дренажа имеют высокую мелиоративную и технико-экономическую эффективность в условиях двух- и многослойных отложений.

Система вертикального дренажа дала высокую мелиоративную эффективность в условиях двух- и многослойных отложений с напорными или субнапорными подземными водами, перекрытыми сверху покровными мелкоземами, имеющими хорошую гидравлическую связь с водами нижних водоносных горизонтов. Практически все опытно-производственные участки (совхозы: Социализм, Бешарык, Каган, Бухара в Узбекистане; Достлик, Пахтаарал, Макталы, Бояркудук, Коммунизм, Икан в Казахстане) и ОПУ, расположенный в Вахшской долине Таджикистана и региональные системы Пахтаарал - Джетысайского, Кировского района, Кызылкумский, Притуркестанский, Теренузак-Янакуртангильянские массивы Казахстана, старая зона Голодной степи, Центральная Фергана, Бухара-Кагано-Вабкент-Гиждуванский районы, часть Каршинской степи Узбекистана. Большая часть Чуйского массива Кыргызстана, а также Вахшская долина Таджикистана представлены аналогичными условиями. В этих условиях регулярная эксплуатация СВД на всех опытно-производственных участках и крупных массивах дала возможность:

- создать высокую дренированность обслуживаемой территории, обеспечив переток грунтовых вод из поверхностного мелкозема в водоносный пласт.

Переток из покровного мелкозема в водоносный пласт изменялся в широких пределах по зонам дренирования: для условий Ферганской зоны от 1.5 до 2.5 тыс.м<sup>3</sup>/га; Голодной степи - 2.5 до 4.5 тыс.м<sup>3</sup>/га, Бухара - Каршинской зоны дренирования - 2.5-5.0 тыс.м<sup>3</sup>/га. Самая низкая величина перетока приходится (до 1.5- 2.5 тыс.м<sup>3</sup>/га) на зону дренирования Кызылкумского, Арысь-Туркестанского массивов Казахстана и ОПУ Чуйской долины Кыргызстана. Самая высокая величина перетока из покровного мелкозема в водоносный горизонт наблюдается на Вахшском участке Таджикистана (до 5-6 тыс.м<sup>3</sup>/га);

- управлять уровнями грунтовых вод и напорами подземных вод. Управление уровнем грунтовых и подземных вод осуществлялся регулированием объема отбора подземных вод (откачек) через изменение дебита скважин в системе. При этом практически по всем участкам УГВ регулировался в пределах 1.5-2.0 м (весной) и 2.5-3.0 м в вегетационный период, а до 3.5-4.5 м (осень и зима) перед промывками. К началу сева УГВ снижался до 1.5-2.0 м. Пьезометрический напор поддерживался на 0.4-1.5 м ниже уровня грунтовых вод. Управление УГВ в пределах вышеуказанных величин дает возможность: во-первых, исключить иссушение почвенной влаги перед

посевом и создать оптимальные условия для посева сельхозкультур, получение дружных всходов; в-третьих, минимизирует процесс реставрации засоления в летний период и, наконец, создает свободную емкость для успешного проведения промывок. Исключением из этого принципа регулирования УГВ являются объекты, расположенные в Кызылкумо-Яна-Курганских массивах, где, в основном, производится посев риса и сопутствующих ему кормовых культур и не практикуется “промывка земель”;

- управлять скоростями снижения уровня грунтовых вод и размерами перетекания воды из покровного мелкозема в водоносный горизонт. Пределы скоростей снижения грунтовых вод зависят от мощности покровных отложений и проницаемости почвогрунтов. Высокая скорость снижения УГВ, порядка 10 - 200 мм/сут, достигнута на участках, расположенных в Ферганской и Бухарской областях, Чуйской и Вахшской долинах, а также низовьях Сырдарьи, где мощность покровных отложений изменяется в пределах 8-12 м, а почвогрунты обладают высокой проницаемостью ( $K_{\phi} = 0.2-0.5$  м/сутки). В низовьях Сырдарьи мощность покровных отложений не превышает 3-6 м. Более низкие значения снижения УГВ наблюдаются в Голодной и Каршинской степях, где скорость перетекания составляла 2-5 см/сутки.

В указанных районах мощность покровных отложений изменяется от 15 до 30 м и более и они сложены грунтами с низкой проницаемостью ( $K_{\phi} \leq 0.05-0.15$  м/сут.);

- управлять темпами рассоления почвогрунтов зоны аэрации покровного мелкозема путем создания свободной емкости перед промывкой до 3.5-4.5 м и скоростями перетекания (водо- и солеобмена) между ненасыщенной и насыщенной водой зонами в период промывок и вегетационных поливов с подачей воды нормами, указанными в таблице 1. При этом темп рассоления зависит от исходного засоления почвы и размера рассоляющего расхода через зону аэрации, определяемого разницей между водоподачей, атмосферными осадками и суммарным испарением. Величина рассоляющего расхода изменялась по участкам и крупным массивам от 1.0 до 5-7 тыс.м<sup>3</sup>/га. При этом в начальный период эксплуатации дренажных систем на территорию подавалась вода более высокими нормами (8-10 тыс.м<sup>3</sup>/га и более) с последующим снижением их значений, придерживаясь требований промывного режима орошения. Коэффициент промывного режима орошения по участкам во времени варьировал в пределах  $K_{\text{пр}} = 1.1-1.35$ . В этих условиях на всех участках, как в годовом, так и в многолетнем разрезе складывался оптимальный водно-солевой режим почв с постепенным рассолением зоны аэрации и опреснением грунтовых вод. Вынос солей по солевым съемкам и по стационарным точкам изменялся в пределах от 20 до 120-130 тн/га и величина их зависела от исходного расхода засоления и рассоления. При этом, практически на всех участках в течение 3-4 лет средне- и сильнозасоленные почвы перешли в категорию незасоленных:

- создать отрицательный водно-солевой баланс как зоны аэрации, почвенного мелкозема, так и всей территории с диапазоном выноса солей в размере от 7-10 до 25-30 тн/га (рис.2) из насыщенной зоны, до 50-70 тн/га из покровного мелкозема и от 5-10 до 20-25 тн/га с территории (рис.2). При этом с увеличением отношения дренажного стока к водоподаче и исходного запаса солей увеличивается удельный вынос солей. В то же время на вынос одного и того же объема в условиях напорного пласта приходится большее соотношение  $D/V$ , т.е. объема водопоступления на поле и дренажного стока, нежели в условиях безнапорного питания, что происходит из-за увеличения доли участия напорных вод в стоке. Аналогична тенденция зависимости удельного выноса солей от изменения коэффициента промывного режима орошения  $M+O$



----- , который в опытах мелиорации земель на фоне СВД по участкам изменялся И+Т в пределах 1.1-1.35.

Следует отметить, что по мере рассоления почвогрунтов и, главным образом, опреснения грунтовых вод до 4-5 г/л появляется возможность резкого снижения требования промывного режима орошения и можно принимать его величину при установлении оросительных и промывных норм в пределах 1.05-1.1;

- выровнять на всех участках и массивах пятнистое засоление почв и создать равномерный мелиоративный фон. Практически на всех участках и массивах применения СВД через 3-4 года их эксплуатации орошаемые земли перешли из категории средне-сильнозасоленных в категорию незасоленных и частично слабозасоленных. Так, по совхозу “Пахтаарал” за 3-4 года эксплуатации СВД при соблюдении промывного режима орошения ( $K=1.15-1.20$ ) за 3-4 года категория земель от среднего до сильного засоления (площадь которых составляла 30 %), перешла в категорию незасоленных.

Аналогичная картина наблюдалась в целом по Пахтааральскому району на площади более 50 тыс.га, где система ВД полностью введена в эксплуатацию в 1969-70 гг. Здесь к 1975-77 гг. практически 95 % орошаемых земель было представлено незасоленными и слабозасоленными почвогрунтами, а минерализация ГВ снизилась до 3-4 г/л, что достигнуто при промывном режиме орошения с коэффициентом  $K=1.1-1.5$  (табл.3).

В условиях Шурузьякского массива площадью около 68.5 тыс.га, где покровный мелкозем имеет мощность 25-30 м, и представлен грунтами с более слабой проницаемостью ( $K_{\phi} = 0.01-0.07$  м/сут) и сильным засолением, срок рассоления зоны аэрации и опреснения грунтовых вод до 3-4 г/л растянулся и составил более 5 лет при  $K_{\pi} = 1.15-1.3$ . На других массивах, представленных маломощными покровными мелкоземами (8-12 м) сложенных грунтами высокой проницаемости ( $K = 0.1-0.3$  м/сут) (Ферганские, Бухарские, Кызылкумские, Вахшские и Чуйские) срок рассоления зоны аэрации и опреснения грунтовых вод составил менее 3 лет;

- достичь на всех участках за 3-4 года полного рассоления почвогрунтов не только зоны аэрации, но и покровного мелкозема (рис.3);

- снизить и выровнять минерализацию грунтовых вод до 3-4 г/л даже на участках их высокого значения в исходном состоянии: на фоне СВД даже на участках, расположенных на Шурузьякском массиве (с-з “Социализм”) и в к-зе им.Ленина Джетысайского района, где почвогрунты имеют высокое засоление (до 2.5 %) по сумме солей, а минерализация грунтовых вод достигает до 14-15 г/л, минерализация последних снизилась через 3-5 лет до 4-5 г/л;

- снизить и стабилизировать минерализацию откачиваемых вод. Процесс стабилизации зависит от исходного засоления почвенного мелкозема, минерализации грунтовых и подземных вод (рис.4). При этом снижение минерализации на 0.5-1.0 г/л, а затем стабилизация после определенного роста за первые годы эксплуатации наблюдается на всех участках, представленных поверхностным засолением (до 1.0-1.5 м) в покровных мелкоземах мощностью до 10-12 м, таких как ОПУ Ферганской и Бухарской областей, Чуйской и Вахшской долины и массива Кызыл-Кум. На участках, представленных поверхностным засолением, но растянутым до 2.5-3.0 м с высокой минерализацией грунтовых вод, наблюдается медленный рост минерализации откачиваемых вод (рис.4 - данные совхоза “Пахтаарал” и 50 лет Узбекистана). В то же время на пилотных объектах с равномерным распределением запасов солей на большую глубину (У1 тип солевого профиля) с высокой минерализацией грунтовых (до

20-25 г/л) и подземных (до 10-15 г/л) вод в процессе работы СВД происходит медленное снижение откачиваемых вод (рис.4);

- создать оптимальные условия для повышения продуктивности почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Практически на всех пилотных участках и массивах в течение 3-4 лет была достигнута прибавка урожая хлопчатника в размере 5-12 ц/га. Удельные затраты воды на выращивание единицы урожая по пилотным объектам изменялись от 230-300 м<sup>3</sup>/ц (совхозы Бешарык, Кувинский район, Каган, Бухара и совхоз Пахтаарал, Пахтааральский, Джетысайский районы Казахстана) до 350-400 м<sup>3</sup>/га (Шурузьякский массив, совхозы 50 лет Узбекистана), где природные условия наиболее тяжелые.

На всех опытно-пилотных объектах после внедрения СВД достигнута относительно высокая продуктивность оросительной воды и она изменяется в пределах 0.41-0.57 кг/м<sup>3</sup> против 0.2-0.37 кг/м<sup>3</sup> и лежит в пределах критерия ФАО - 0.4-0.6 кг/м<sup>3</sup>. В то же время статистической обработкой информации по старой зоне орошения Голодной степи установлена зависимость роста урожайности хлопчатника от коэффициентов дренированности, характеризуемая отношением

$$K_{др} = \frac{D_c + D}{O_c + \Sigma V}, \text{ и промывного режима орошения } K_{пр.р.о} = \frac{O_c + \Sigma \phi - C_b}{ET},$$

которая описывается параболой 2-ой степени. Корреляционное отношение составляет 0.77 и 0.81 (рисунки 5 и 6). По материалам этих рисунков высокая урожайность хлопчатника (30-35 ц/га) для тяжелых гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условий старой зоны орошения Голодной степи с напорными и субнапорными водоносными пластами достигается при коэффициенте дренированности и промывном режиме орошения, соответственно,  $K_d = 0.4-0.5$  и  $K_{пр.р.о} = 1.15-1.2$ . Однако после достижения опреснения грунтовых вод его можно снизить, соответственно, до 0.3-0.35 и 1.1-1.15.

б) Горизонтальный дренаж открытого и закрытого типа нашел широкое применение в условиях, где литология представлена однослойными отложениями (большая часть новой зоны орошения Голодной степи - ОПУ в 5, 6 совхозах, колхоз им.Ниязова Ферганской области, колхозы Ленинград и Исара Чарджоуской области и др.) или двух- и многослойными отложениями, перекрытыми сверху маломощными слабопроницаемыми грунтами (ОПУ, расположенные в Хорезмской области, Каракалпакстане, в Узбекистане; ОПУ, расположенные в низовьях реки Сырдарьи в Казахстане и Чуйской долине в Киргизии), с безнапорными и субнапорными подземными водами. При этом открытая КДС, сыгравшая определенную роль в мелиоративном улучшении орошаемых земель и интенсификации сельскохозяйственного производства республик Центральной Азии, но не отвечавшая современным требованиям сельского хозяйства и, главным образом, требованиям экономного расходования оросительной воды и ускоренного рассоления почв при остром дефиците их ресурсов, практически не была представлена в составе регистров по дренажу, за исключением одного пилотного объекта - северной зоны республики Каракалпакстан, где дана оценка эффективности существующей системы открытых дрен на площади около 500 тыс.га и на ее основе даны рекомендации по повышению их работоспособности.

В то же время, области применения закрытого горизонтального дренажа всех представленных пилотных объектов характеризуются более тяжелыми гидрогеолого-почвенно-мелиоративными условиями в сравнении с районами применения СВД: почвогрунты на большую глубину имеют низкие коэффициенты фильтрации (0.01-0.3

м/сутки), и равномерное распределение огромных запасов солей в зоне активного водообмена, достигающих 3.5-5.0 тыс.тн/га в 20-метровом слое. В большинстве своем территория зоны дренирования закрытого горизонтального дренажа представлена III, IV, V и VI типами солевых профилей, обладающих не только огромным запасом солей, но и высокой минерализацией грунтовых вод, которая изменяется в пределах от 15-20 до 50-60 г/л и более. Огромные запасы солей и высокая минерализация грунтовых вод объясняются, с одной стороны, источником вторичного засоления при освоении земель, с другой - длительным выносом дренажного солевого стока в стволы рек и их загрязнения.

По представленным материалам в указанных гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условиях закрытый горизонтальный дренаж показал достаточно высокую мелиоративную и технико-экономическую эффективность и позволил:

- создать высокую дренированность на орошаемых землях, величины которой по участкам изменялись от 0.05 до 0.15 л/сек/га по Ферганской зоне дренирования, в том числе 0.04-0.075 л/сек/га по Чуйской долине, 0.035-0.15 л/сек/га - по Голодностепской зоне дренирования и в пределах 0.17-0.225 л.с/га в условиях низовьев Сырдарьи. На Арысь-Туркестанском массиве дренажный модуль оказался меньше 0.1 л/сек га. По зонам дренирования бассейна Амударьи дренажный модуль несколько выше, чем в зонах дренирования бассейна Сырдарьи и составляет для верхнего течения 0.4-0.48 л/сек га; для Бухара-Каршинской и Чарджоуской зоны - 0.05-0.22 л/сек/га. Самый высокий дренажный модуль (вернее дренажный сток) формируется на ОПУ низовьев Амударьи: в условиях Хорезмской области дренажный модуль изменяется в пределах 0.22-0.36 л/сек/га, а в республике Каракалпакстан - 0.15-0.18 л/сек/га при хлопковом комплексе и до 2.7-5.1 л/сек/га при орошении риса. В суммарном выражении дренажный сток по зонам дренирования изменяется в широких пределах и составляет от 30-35 % до 60 % от годовой водоподачи. Максимальное значение дренажного стока приходится на пилотные объекты, расположенные в верхнем и нижнем течениях рек. В условиях верхнего течения в формировании дренажного стока львиная доля приходится на подземные притоки, а в нижнем - на водоподачу;

- обеспечить оптимальный полугидроморфный (в низовьях рек) и полуавтоморфный мелиоративный режим с поддержанием уровня грунтовых вод на 0.7-1.1 высоты капиллярного поднятия, т.е. регулировать УГВ в пределах 1.5-2.8 м. При этом в зависимости от глубины заложения дрен минимальные пределы (1.2-2.2 м) регулирования уровня грунтовых вод приходятся на пилотные объекты, расположенные в низовьях рек Сырдарьи и Амударьи при высокой норме водоподачи, а несколько большие пределы (1.8-2.8 м) в зонах дренирования, расположенных в верхнем и среднем течении;

- обеспечить достаточно высокую скорость снижения грунтовых вод, значение которой изменялось по ОПУ в широких пределах - от 2-6 см/сутки в тяжелых грунтах для зон дренирования, расположенных в средних течениях Амударьи и Сырдарьи (Голодная степь - Бухара - Каршинская и Чарджоуская зоны) и до 10-20 см/сут в условиях верхнего и нижнего течения этих рек (Ферганская область, Вахшская и Чуйская долины, Хорезмская область, Каракалпакстан и низовья Сырдарьи);

- осуществить своевременное проведение осенне-зимне-весенних промывок различной нормой в зависимости от степени засоления (3.5-8.0 тыс.м<sup>3</sup>/га) и, тем самым, достичь ускоренного рассоления зоны аэрации (3-4 года) и стабилизировать минерализацию грунтовых вод в пределах 3-4 г/л на участках, расположенных в Ферганской зоне и зоне дренирования верховьев Амударьи, за 3-4 года. В Бухара-Каршинской зоне минерализация грунтовых вод стабилизировалась на уровне 4-6 г/л и более через 3-5 лет. В условиях низовьев Амударьи (в пределах междуречных и

озерных отложений) и в новой зоне Голодной степи, где орошаемая территория представлена IV, V и VI типами солевого профиля с огромными запасами солей в 20-метровой толще и глубже, стабилизация минерализации на уровне 6-15 г/л происходит после 5-6-летнего орошения при соблюдении требований промывного режима. Там снижение и продолжительность стабилизации грунтовых вод зависит от степени засоления почвогрунтов и нормы годового поступления воды на орошаемое поле.

Аналогичная картина наблюдается в процессе снижения и стабилизации минерализации дренажного стока лишь с той разницей, что здесь стабилизация наступает за более длительное время (рис.7). При этом интенсивность снижения минерализации дренажного стока в первые 2-3 года довольно высокая, а затем она несколько замедляется. В указанных районах минерализация дренажного стока остается довольно высокой и на современном уровне.

- создать на всех пилотных объектах, в том числе на региональных, отрицательный водно-солевой баланс. Темп выноса солей как из зоны аэрации, так и с орошаемой территории, зависит от исходного уровня засоления почвогрунтов, рассоляющего расхода через зону аэрации, выражаемого условно через коэффициент промывного режима орошения  $K_{po} = B+O / ET$  и коэффициент дренированности  $K = D / \Sigma B$ .

При этом, вынос солей из зоны аэрации за год колеблется от 10 до 110 тн/га (табл.2.9 основного текста отчета), а с орошаемой территории в пределах 5-10 тн/га при соотношении дренажного стока к общему водопоступлению на орошаемую землю  $D/B = 0.2-0.3$  и до 25-35 тн/га при  $D/B = 0.3-0.6$  (рис.2). Вынос солей из зоны аэрации в зависимости от коэффициента промывного режима орошения характеризуют данные рис.8. Вынос солей изменяется в пределах от 4-10 тн/га, при  $K = 1.05-1.2$  до 20-30 тн/га в год при  $K = 1.2-1.6$  (рис.8).

Следует отметить, что высокий темп выноса при низком коэффициенте  $K_n$  наблюдается на пилотных объектах низовьев Амударьи (в основном по данным ОПУ Хорезмской области) и низкий уровень выноса при высоком  $K_n$  по Ферганской долине в условиях высоконапорных подземных вод. Следует также отметить, что в течение первых 2-3-х лет орошения новых земель и мелиорации староорошаемых земель интенсивность выноса очень высокая, а затем она значительно замедляется. Удельные затраты воды на вынос 1 тн солей варьируются от 90 до 1080 м<sup>3</sup> (таблица 2.9 основного текста отчета).

Осредненные величины затрат воды на вынос 1 тн солей по зонам дренирования составляют:

по Ферганской зоне 531-688 м<sup>3</sup>

по Голодностепской 243-286 м<sup>3</sup>

Верховье Амударьи 487-900 м<sup>3</sup>

Бухара-Каршинская 172-328 м<sup>3</sup>;

- установить наличие хорошей гидравлической связи по всей толще практически до водоупора и активной зоны водо- и солеобмена при работе дренажа и каналов с учетом полива сельхозкультур и промывок. Зона активного влияния водно-солевого обмена при работе закрытого дренажа распространялась по данным пилотных объектов по:

- Ферганской зоне - 15-20 м

- Голодностепской - 25-30 м

- Бухара-Каршинской - 20-25 м

- Низовьев р.Амударьи - 30-40 м;

При этом из общего объема выносимых дренажем солей, доля поступления солей снизу по участкам изменяется от 23-30 % до 45-55 % (Хорезм);

- достичь на всех участках постепенного снижения годовых оросительных норм по мере рассоления почв и, главным образом, за счет уменьшения норм промывок; на всех участках после рассоления зоны аэрации и опреснения верхнего слоя нормы зимне-весенних промывок снизились до 2.5-4.5 против 5-8.0 тыс.м<sup>3</sup>/га. В целом снижение годовой водоподачи по зонам дренирования изменялось в следующих пределах:

- по ОПУ Ферганской зоны с 14.2 до 11.0 тыс.м<sup>3</sup>/га;
- по ОПУ Чуйской долине с 7.6 до 5.0 тыс.м<sup>3</sup>/га;
- по Голодностепской с 9.0 до 6.8 тыс.м<sup>3</sup>/га;
- по объектам Республики Казахстан с 10.2 до 8.1 тыс.м<sup>3</sup>/га;
- по бассейну реки Амударьи снижение варьировало в пределах от 25.3 до 8.8 тыс.м<sup>3</sup>/га;

- Бухара-Каршинская зона - по Бухарскому участку с 12-13.5 до 9.7 тыс.м<sup>3</sup>/га; по Каршинским участкам с 18.3 до 13.4 тыс.м<sup>3</sup>/га; по низовью Амударьи с 26.2 до 17 тыс.м<sup>3</sup>/га и 10.5 до 5.5 тыс.м<sup>3</sup>/га;

- создать оптимальные условия для повышения продуктивности орошаемых земель и оросительной воды. Практически на всех пилотных участках закрытого горизонтального дренажа и на массивах его широкого применения в течение 3-5 лет была достигнута прибавка урожая по хлопчатнику и рису в размере 5-10 ц/га (исключением является ОПУ колхоза Правда, где прибавка составила 36 ц/га, а по рису 6-14 ц/га. Удельные затраты оросительной воды изменялись по ОПУ зоны дренирования верхнего течения рек в пределах 226-250 м<sup>3</sup>/ц по хлопчатнику. ОПУ зоны дренирования среднего течения рек - 300-450 м<sup>3</sup>/ц и для ОПУ нижнего течения 450-600 м<sup>3</sup>/ц. Продуктивность оросительной воды при соблюдении промывного режима орошения на фоне ЗГД колебалась от 0.35 до 0.537 кг/м<sup>3</sup> (на контроле 0.2-0.35 кг/м<sup>3</sup>) против критерия ФАО 0.4-0.6 кг/м<sup>3</sup>.

Статистическая обработка данных по ОПУ новой зоны Голодной степи (наиболее тяжелая зона дренирования) позволила установить определенную зависимость повышения урожайности: от величины выноса солей из метрового слоя почв  $Y = (\Delta C)$  - рис.9; коэффициента дренированности  $Y = (D/B)$  и коэффициента промывного режима орошения  $Y = (B+O / ET)$ , которые описываются уравнением параболы 2-ой степени при корреляционных соотношениях, соответственно, 0.7-2, 0.74 и 0.75. По данным этих зависимостей для тяжелых гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условий новой зоны орошения Голодной степи относительно высокая урожайность хлопчатника порядка 30-35 ц/га в начальный период освоения земель достигается при коэффициенте дренированности  $K_{др} = 0.4-0.6$  и коэффициенте промывного режима орошения  $K_{пр} = 1.1-1.2$  (рис.10, 11).

Таким образом, анализ информации, представленной по II направлению "Управление водно-солевыми режимами почв и эколого-мелиоративными процессами засоленных земель на фоне дренажа, промывок и промывного режима орошения", показывает достаточно высокую мелиоративную и технико-экономическую эффективность совершенных типов дренажа в определенных природных условиях.

Показатели эффективности совершенных типов дренажа в обобщенном виде характеризуются данными табл.3

Таблица 3

Показатели эффективности	Типы дренажа	
	закрытый горизонтальный	вертикальный
Коэффициент земельного использования (КЗИ), %	95-96	98-99
Увеличение дренированности земель за счет обеспечения стабильной глубины дренажа, предотвращения поверхностного сброса и увеличения скорости снижения грунтовых вод, %	15-25	25-35
Диапазон регулирования уровня грунтовых вод, м	2.0-2.8	2.0-5.0
Продолжительность мелиоративного периода, лет	5-8	3-4
Ускорение темпов рассоления почвогрунтов за счет создания оптимального мелиоративного режима (увеличения свободной емкости почвогрунтов), раз	1.25-1.3	1.5-2.0
Экономия воды за счет ликвидации поверхностного сброса, %	10	15-20
Экономия воды за счет создания лучшего мелиоративного режима, ускорения темпов рассоления, %	15-25	25-40
Удельные затраты на единицу урожая, м <sup>3</sup> /ц	220-600	200-450
Тоже по контрольному варианту, м <sup>3</sup> /ц	400-800	400-650
Продуктивность оросительной воды, кг/м <sup>3</sup>	0.35-0.57	0.35-0.6
По контрольному варианту, кг/м <sup>3</sup>	0.25-0.35	0.25-0.35
По ФАО	0.4-0.6	0.4-0.6
Реальные затраты на вынос 1 т.солей, м <sup>3</sup> /тн		
в верхнем течении	530-688 (900	300-400
в среднем течении	220-320	220-250
в низовьях	470-650	350-400
Стоимость строительства дренажа, сум/га (в ценах 1996 г.)	65000 <sup>x)</sup>	22000 <sup>xx)</sup>
Эксплуатационные затраты, сум/га (цены 1996 г.)	258-330	350-386

**Примечание:** <sup>x)</sup> - стоимость строительства закрытого горизонтального дренажа для площади 200 га при удельной протяженности  $L = 50$  м/га по данным проектного института Узгипроводхоз составляет 13.0 млн.сум;

<sup>xx)</sup> - стоимость 1 скважины вертикального дренажа площадью обслуживания 200 га и глубиной 60 м составляет 4.4 млн.сум.

С другой стороны, из вышеизложенного анализа материалов вытекает четкий вывод о неправомерности отождествления эффективности того или иного типа дренажа в пользу одного из них. Каждый тип дренажа эффективен в определенных природно-хозяйственных условиях и, в конечном итоге, выбор наиболее целесообразного типа из них должен решаться на основе технико-экономического обоснования по приведенным затратам.

Удельная стоимость строительства закрытого дренажа в республике Узбекистан по данным проектного института “Узгипроводхоз” составляет 63000 сум/га, а вертикального - 22000 сум/га. Эксплуатационные затраты ЗГД и СВД в современных условиях, по материалам Гидрогеолого-мелиоративной экспедиции Сырдарьинской области, изменяется, соответственно, в пределах 258-330 сум/га и 330-380 сум/га.

Однако область и диапазон применения ЗГД по природным признакам в Центральной Азии несколько более обширны, чем таковые для СВД. В то же время в определенных гидрогеолого-мелиоративных условиях возможности управления водно-солевыми режимами и эколого-мелиоративными процессами СВД больше. СВД позволяет регулировать скорости снижения уровня грунтовых вод в широком диапазоне и, тем самым, регулировать водообмен и солеобмен между зоной аэрации и грунтовыми водами. Кроме того, СВД позволяет легко управлять дренажным стоком как при решении использовать его в местах формирования, так и при отводе за пределы орошаемых земель, не сбрасывая в ствол реки.

6. Возможность и целесообразность рассоления зоны аэрации почвогрунтов и опреснения грунтовых вод путем проведения эксплуатационных промывок, оптимизируя нормы промывок и сроки их проведения в зависимости от степени засоления без так называемых капитальных промывок. Коэффициент промывного режима устанавливается в годовом разрезе с учетом атмосферных осадков и его величины следует принимать в зависимости от исходного засоления в начальный период освоения новых и мелиорации засоленных почв староорошаемых земель в пределах (1.2-1.3) ЕТ. После рассоления корнеобитаемого слоя до предельно-допустимой концентрации (ПДК) и опреснения верхней толщи грунтовых вод целесообразно снизить коэффициент промывного режима орошения до  $K_{пр.} = 1.05-1.1$ .

7. Беспредметность “полемики” по поводу эффективности мелкого или глубокого закрытого дренажа. Глубина заложения дренажа должна определяться гидрогеолого-почвенно-мелиоративными условиями с учетом утилизации коллекторно-дренажного стока. Большинство пилотных проектов построены с относительно глубоким заложением дрен (2.6-3.5 м) и только ОПУ, расположенные в дельтах рек, имели глубину дрен до 1.6-2.5 м. Натурные исследования управления водно-солевыми режимами почв на фоне “мелкого” дренажа проводились в условиях Хорезмской области, Каракалпакстана и Кызылкумского массива Казахстана, где покровный мелкозем имеет мощность от 1.5 до 5 и редко 8 м и подстилается плавунными песками, а поверхность орошаемых земель представлена небольшими уклонами, что затрудняет строительство глубокого дренажа и отвода дренажного стока, т.е. решение его утилизации. По представленной информации практически все пилотные участки работали эффективно. Однако, на участках, расположенных в низовьях рек с закладкой мелких дрен, величина вододачи на орошаемые поля и дренажного стока превышает в 2-3 раза (вододача на орошаемое поле по участкам 02.1, 02.20 изменяется в пределах 20-24 тыс.м<sup>3</sup>/га, а дренажный сток - до 11350-15100 м<sup>3</sup>/га).

Из материалов аннотированных регистров ЗГД вытекает, что при одинаковых гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условиях, если вопрос утилизации коллекторно-дренажного стока решается без затруднения (т.е. при наличии водоприемника), то следует отдать предпочтение глубокому залеганию дрен, что обеспечивает на орошаемых землях полуавтоморфный мелиоративный режим, при котором более эффективно решается мелиорация засоленных земель с минимальными затратами водных ресурсов.

8. Необоснованность “полемики” о мобилизациях солевой массы и зоны активного водо- и солеобмена при работе различных типов (вертикального, горизонтального) и параметрах (глубокого и мелкого) дренажа.

При искусственном дренировании земель характеристика водоносного комплекса и параметры дренажа определяют формирование зоны активного водообмена. Основными факторами, влияющими на формирование зоны водообмена, является мощность водоносного пласта, слоистость грунтов и расположение водоупора. На формирование зоны активного водообмена при работе дренажа, в основном, влияет не его глубина, а междреннее расстояние при горизонтальном и шаг между скважинами при вертикальном типе дренажа. В теоретических решениях при работе систематического дренажа, с чередованием полевых дрен и коллекторов, при междреннем расстоянии  $B \geq 3 T$  ( $T$  - мощность водоносного пласта) в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного пласта, независимо от глубины заложения дрен. С уменьшением междренного расстояния снижается влияние дренажа на глубину зоны формирования водообмена. Однако и в этом случае, поскольку полевые дрены чередуются с коллекторами, в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного пласта. В случае близкого залегания водоупора при систематическом дренаже в формировании дренажного стока участвует вся мощность водоносного комплекса. В то же время интенсивность формирования дренажного модуля (стока) зависит от глубины заложения дренажа, которая создает градиент напора, т.е. водообмена в системе между зоной аэрации и грунтовыми водами.

Ходжибаев Н.Н., Нейман Б.Я., опираясь на результаты модельных и натурных исследований дают для наиболее часто встречающихся грунтов Центральной Азии следующие величины зоны активного влияния под действием ГД:

- в легких грунтах (пылев.пески и супеси  $K_{\phi} = 0.5-2.0$  м/сут)  $h = 50-100$  м;
- в средних грунтах (суглинок легкий и средний  $K_{\phi} = 0.5-0.1$  м/сут)  $h = 30 - 50$  м;

- в тяжелых грунтах с коэффициентом фильтрации  $K_{\phi} < 0,1$  м/сут  $h = 10-30$  м.

В пилотных проектах, представленных в регистре ИПТРИД, зона активного водо- и солеобмена на фоне закрытого горизонтального дренажа изменяется:

- в низовьях Амударьи, представленных слоистыми грунтами на большую глубину (100-150 м) с покровным мелкоземом 3-3.5 м с субнапорной подземной водой на фоне закрытого дренажа глубиной 2.5-3.0 м и междренным расстоянием 250-300 м, по данным пьезометрических наблюдений от 35 до 50 м;

- для среднего течения Амударьи по данным Калантаева (02.1 Туркм. и 02.2) в условиях ограниченной мощности водоносного пласта на фоне закрытого дренажа глубиной до 3.0 м с нулевым уклоном при  $L = 250-300$  м зона активного водообмена равна 20-35 м;

- на рисовой дренажной системе, расположенной в низовьях Амударьи в условиях слоистых грунтов мощностью более 150-200 м на фоне закрытого дренажа глубиной 2.5-3.0 м.

Аналогичная картина формирования зоны активного водообмена наблюдается на фоне систематического вертикального дренажа и она зависит, с одной стороны, от шага между скважинами, а с другой, от напорности подземных вод. В любом случае в условиях систематического вертикального дренажа влияние откачек распространяется на всю мощность водоносных комплексов и более активного первого водоносного горизонта, куда заложены фильтры скважин. При этом, чем больше площадь охвата систематического вертикального дренажа, тем меньше доля участия внешнего притока, как например, в старой зоне Голодной степи, т.е. практически весь дренажный сток формируется за счет поверхностных вод. В этих условиях, по данным САНИИРИ, в формировании фильтрационного тока СВД активно участвует вся толща первого водоносного горизонта.



В принципе, с позиции гидродинамики, типы дренажа оказывают идентичное влияние на формирование зоны активного водо- и солеобмена. С практической точки зрения правомерность этого положения подтверждается данными рис. Из рисунка видно, что в условиях безнапорных и субнапорных водоносных комплексов величина выноса солей с орошаемых земель в зависимости от Д/В практически изменяется в идентичных пределах 10-30 тн/га при работе как вертикального, так и горизонтального дренажа. Однако интенсивность участия различных типов дренажа в формировании его солевого стока складывается по-разному в условиях напорных пластов: в системе СВД оно проявляется более интенсивно, нежели для ГД. В то же время, при работе как СГД, так и СВД интенсивность солевого обмена определяется, главным образом, не за счет мощности зоны активного водообмена, хотя оно играет определенную роль в выносе солей с территории. Интенсивность дренажного солевого стока, в основном, зависит, с одной стороны, от величины перетока из зоны аэрации в грунтовые воды ( $\pm g$ ); с другой, от запасов солей и характера их распределения в толще покровного мелкозема, а также минерализации грунтовых и подземных вод. При этом в формировании дренажного солевого стока немаловажную роль играет не только степень минерализации грунтовых и подземных вод, но и их распределение по глубине.

В этом отношении наиболее тяжелые геоморфолого-гидрогеолого-почвенно-мелиоративные условия приходится на зоны дренирования систем горизонтального дренажа, где почвогрунты орошаемых земель содержат в своем составе огромные запасы солей (2000 - 5000 тн/га) и высокую минерализацию грунтовых вод (15-60 г/л), которые распределены более или менее равномерно на 20-25 м, т.е. они представлены, в основном, III, IV, V и VI типами солевого профиля (рис.1). Эти запасы солей являются источником формирования дренажного солевого стока и определяют продолжительность опреснения грунтовых и дренажных вод. На орошаемых землях, представленных III, IV, V и VI типами солевого профиля, стабилизация минерализации грунтовых и дренажных вод наступает через 10-12 лет. Однако уровень стабилизации минерализации грунтовых и дренажных вод остается довольно высоким (7-12 г/л).

В то же время, зона дренирования СВД представлена, в основном, II типом, где почвогрунты и грунтовые воды имеют поверхностное засоление. Обычно в геоморфолого-гидрогеологических условиях, где формируется II тип солевого профиля, запасы солей (до 1500 тн/га) сосредоточены максимум в 2.5 м слое, ниже которого и грунты, и грунтовые воды практически опреснены. Кроме этой зоны, СВД нашла применение в пределах небольших площадей, представленных IV и V типами солевого профиля. В связи с облегченными природными условиями зоны дренирования СВД стабилизация грунтовых и дренажных вод наступает в течение 3-4 лет. Уровень стабилизации грунтовых вод изменяется в пределах 3-5 г/л, а дренажных вод - 3-4 г/л (рис.15). Практически на всех ОПУ и региональных пилотных объектах, где внедрены СВД за 15-30 лет их эксплуатации, наблюдается небольшой рост минерализации откачиваемых вод, за исключением Сардобинского массива Голодной степи, орошаемые земли которого представлены VI типом солевого профиля. В связи с незначительным ростом минерализации откачиваемых вод их повсеместно используют на орошение и промывку земель.

Таким образом, из-за тяжелых природных условий основным поставщиком дренажного солевого стока является зона дренирования горизонтального дренажа и они являются “критическими зонами планирования”. Однако, несмотря на сложность природных условий, обширная информация по пилотным проектам дренажных систем показывает высокую мелиоративную и технико-экономическую эффективность

совершенных типов дренажа в решении проблемы рационального использования и управления водными ресурсами и солями.

Однако за последнее десятилетие мелиоративные фонды и, особенно, совершенные дренажные системы морально устарели и не выполняют своих основных функций на надлежащем уровне и для повышения их работоспособности требуется реконструкция всех объектов. В то же время, у государств Центральной Азии нет достаточных капиталовложений на полную реконструкцию объектов совершенных типов дренажа. В связи с этим, на ближайшую перспективу можно предложить проведение ремонтно-восстановительных работ в системе закрытого дренажа: (промывку дрен), а вертикального - очистку скважин импульсным методом, который дает возможность восстановить дебиты до 65-80 % от исходного. На частично восстановленных работоспособных объектах необходимо проводить комплекс рассолительных работ путем проведения эксплуатационных промывок нормами, удовлетворяющими требованиям промывного режима орошения в годовом разрезе.