

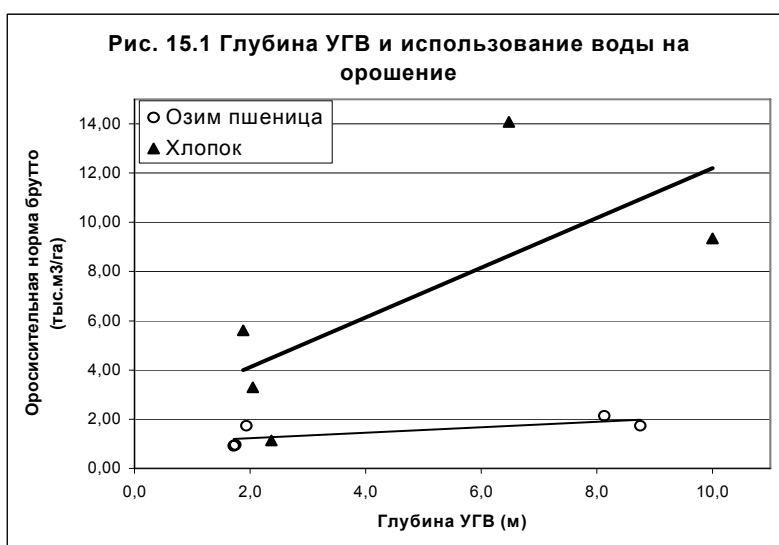
15 ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

15.1 Использование воды на орошение

Количество воды, используемой на орошение, значительно изменяется по хозяйствам и по пяти республикам, как это описано в Разделе 7.5. Годовая оросительная норма для хлопчатника изменяется в среднем от свыше 14 тысяч кубометров на гектар в Таджикистане, где вся эта вода используется на орошение, до всего 5.72 тысячи кубометров на гектар в Казахстане, где только 1.14 тысячи кубометров на гектар (20 процентов) используется на вегетационные поливы. Общая средняя оросительная норма для хлопчатника составляет порядка 7 тысяч кубометров на гектар, что примерно равно средним потребностям культуры на эвапотранспирацию, при КПД полива менее 100 процентов.

Почти такая же картина наблюдается и по озимой пшенице, для которой общая средняя норма водоподачи в 4.67 тысячи кубометров на гектар не намного превышает её потребности на испарение, при этом эти потребности изменяются в диапазоне от 7 тысяч кубометров на гектар в Туркменистане до менее 1 тысячи кубометров на гектар в Казахстане. По всей вероятности большие нормы использования воды для пшеницы в Туркменистане, Таджикистане и Киргизстане отражают наличие обильного количества воды для поливов весной, а в Туркменистане это ещё отражает необходимость проведения промывок.

Такая большая разница в водопотреблении пшеницы, и особенно хлопчатника, обусловлена изменением глубины залегания уровня грунтовых вод, как это проиллюстрировано на графике (Рис. 15.1). Количество влаги, поступающей по капиллярам из грунтовых вод в корнеобитаемую зону, значительно (см. раздел ниже) и ясно, что поливальщики учитывают это фактор. Дополнительными факторами, обуславливающими большую разницу в водопотреблении, являются более высокие нормы водоподачи на орошение на землях, расположенных в верхнем течении рек, по сравнению с недостатком воды на землях, расположенных в нижнем течении, а также орошение земель, расположенных на довольно крутых склонах с почвами грубого мехсостава, особенно в хозяйствах Таджикистана.



Необходимость промывок солей, накопленных в верхнем горизонте почвы в результате их обильного подъёма вверх в растворённом виде из грунтовых вод, является обоснованием для использования большого количества воды на промывки в хозяйствах Узбекистана, Туркменистана и особенно в хозяйствах Казахстана. В

хозяйствах Казахстана примерно 80 процентов всей воды, использованной для хлопчатника, было подано в межвегетационный период и в основном для промывок. С учётом того, что средняя глубина корнеобитаемой зоны у хлопчатника составляет всего только 0.7 метра, следовательно количество воды, которое задерживается в корнеобитаемом слое почвы составляет всего примерно 1 тысячу кубометров на гектар. Использование воды на промывку в объёме 4.58 тысячи кубометров на гектар означает, что по крайней мере 3.5 тысячи кубометров воды с гектары просачивается ниже за пределы корнеобитаемой зоны. Если глубина залегания уровня грунтовых вод небольшая, такое просачивание промывной воды поднимает уровень грунтовых вод до примерно 1.7 метра от поверхности. В Казахстане и Узбекистане земли, расположенные на нижних террасах почти плоские и имеют слабую боковую дренированность, поэтому влияние таких больших промывных норм на таких землях выражается в подъёме уровня грунтовых вод близко к поверхности земли и в поддержании их уровня на этой глубине. Эти грунтовые воды в основном имеют высокую минерализацию (см. описание ниже по тексту) и их приток к поверхности за счёт капиллярного поднятия в течение сезона значителен, что ведёт к засолению поверхности почвы. Парадокс заключается в том, что сам по себе процесс промывок большими нормами, а также выращивание риса в зонах с плохо работающим дренажом, поддерживают высокий уровень засоленности земель и необходимость в проведении промывок.

Промывки в основном проводятся один раз, а поливы сельхозкультур проводятся несколько раз. Количество поливов озимой пшеницы в среднем примерно такое же, как и хлопчатника. Идеальные графики орошения указывают на необходимость более частого полива хлопчатника по сравнению с озимой пшеницей, поэтому применяемые графики орошения озимой пшеницы примерно правильны, а интервалы между поливами хлопчатника являются слишком длинными.

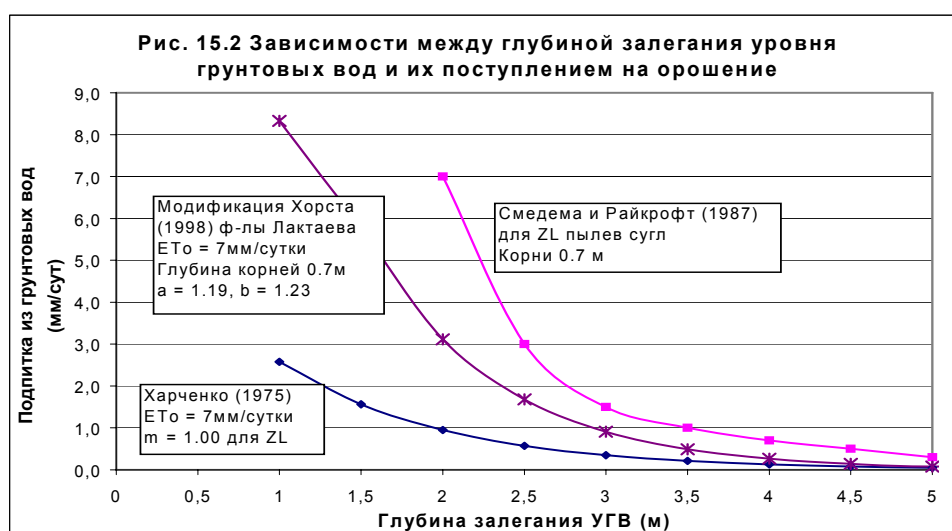
15.2 Поступление из грунтовых вод в корнеобитаемую зону

Почвы с пиком распределения размеров частиц, приходящемся на фракцию пыли, являются типичными почвами для Центральной Азии и такие почвы имеют самый большой приток воды с довольно значительных глубин. В Разделе 7 показано, что 74 процента опытных участков имеют глубину залегания уровня грунтовых вод меньше 3 метров от поверхности земли в течение лета и поэтому из них может поступать значительная часть воды на покрытие потребностей в орошении культур. Капиллярное поднятие влаги из грунтовых вод в корнеобитаемую зону в ряде случаев может полностью компенсировать эвапотранспирацию влаги через листву, делая ненужным орошение. Но нельзя сказать, что высокий уровень грунтовых вод является благом, поскольку в большинстве случаев он является следствием потерь воды. Для доставки того избытка воды, который в результате потерь вызвал подъём уровня грунтовых вод, были сделаны большие затраты в экономических ценах. Кроме того большие затраты в экономических ценах сделаны на строительство дренажа для стабилизации уровня грунтовых вод и для промывки солей, которые аккумулируются на поверхности почвы. Ущерб наносится в результате потерь урожаев из-за засоленности земель, а также из-за забрасывания освоенных земель в тех случаях, когда с их засоленностью уже нельзя бороться.

Компьютерные модели для составления идеальных графиков орошения, такие как местная (ISS) и международные (CROPWAT, CRIWAR) не учитывают подпитки корнеобитаемого слоя из грунтовых вод. Причиной этого может быть сложность процесса капиллярного поднятия, но существуют модели, которые учитывают это поступление. Это такие модели, как например SWACROP, модель Харченко (см. Приложение 4), графическая модель в руководстве "Дренаж земель" (авторы Смедема и Райкрофт, 1987г.) и в руководствах по ирригации (ФАО, руководство № 24, CRIWAR). Имеется возможность определить это поступление отдельно и учесть его в виде

условных осадков в модели составления графика орошения, что неудобно, но является единственным решением на сегодня.

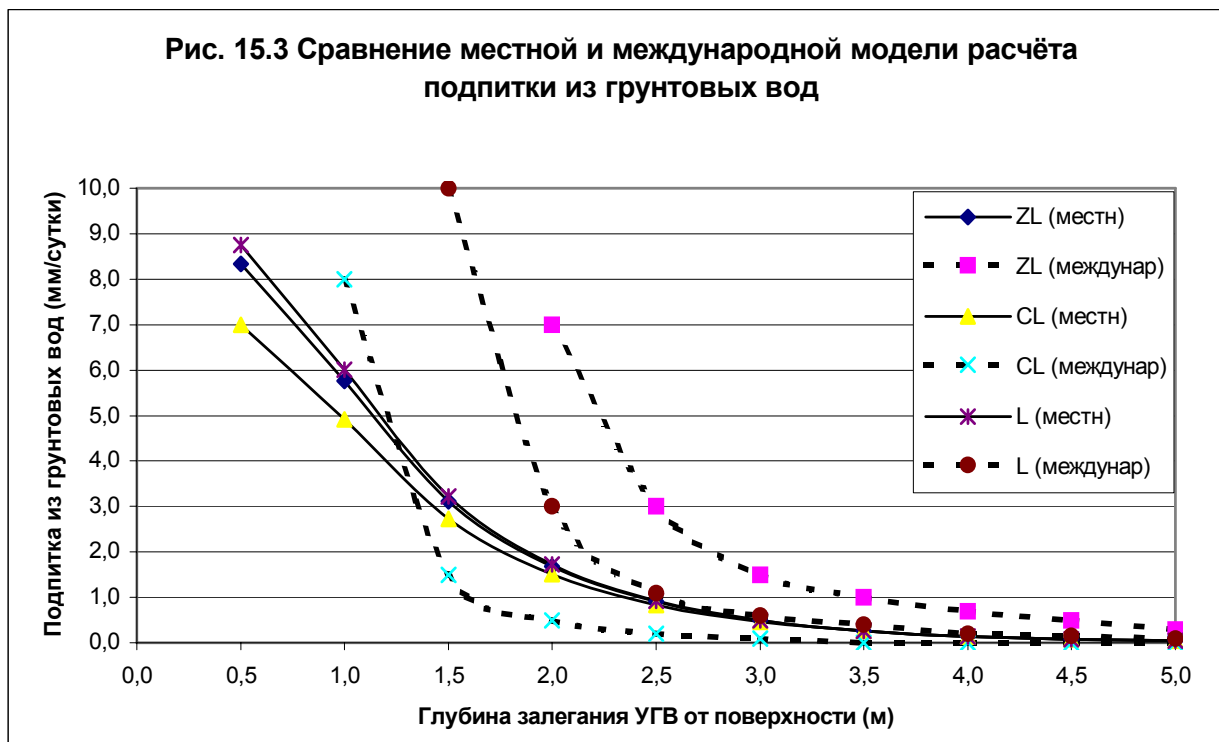
Поступление из грунтовых вод в корнеобитаемую зону зависит от глубины залегания уровня грунтовых вод, характеристик почвы, испарения с поверхности почвы, эвапотранспирации культуры и боковой приточности. Техники определяли величину суточного поступления из грунтовых вод по упрощённой таблице, которая была выдана им вместе с пояснительной запиской для сбора данных (см. Приложение 1), но модели являются более сложными и для их использования требуется большее число параметров. Модель, предложенная Харченко (1975г) и её модификации, сделанные Лактаевым и затем Хорстом (1998г), рассматриваются в Приложении 4. На графике Рис. 15.2 данные двух местных моделей сравниваются с типичными данными из международного опыта, на примере использования параметров для почвы, которая по местной классификации относится к "лёгким суглинкам", а по международной классификации примерно соответствует "пылеватым суглинкам".



Имеется серьёзное несоответствие между данными по модели Харченко и по международной модели, а модель Лактаева, скорректированная Хорстом, выдаёт величины, которые по величине находятся в середине между этими данными. Тем не менее совпадение величин не очень хорошее и необходимо учесть следующие моменты:

- Недостаток данных по международной методике Смедема и Райкрофта (1987г.) состоит в том, что не указана скорость эвапотранспирации культуры (ET_c) на момент когда были сделаны замеры. Можно только сделать предположение, что поскольку данные рассматриваются в контексте требований на орошение, величина ET_c была умеренной, на уровне 7 мм в сутки, как это было принято для этого сравнения данных. Однако, вполне вероятно, что как только скорость подъёма потока вверх достигнет скорости эвапотранспирации, она упадёт и не сможет превысить скорости ET_c . Из уравнения Харченко ясно, что поступление из грунтовых вод сильно зависит от скорости ET_c , для которой в этом случае E_0 и ET_0 являются соразмерными близкими величинами.
- Скорость поднятия тока воды вверх зависит от близости расположения уровня грунтовых вод из-за экспоненциального характера основополагающей зависимости. Изменения фактической глубины корней не учитываются ни в модели Харченко, ни в модели Лактаева, что конечно же является упущением.

- Водно-физические характеристики почв региона таковы, что забор 1 мм воды из грунтовых вод понижает их уровень примерно на 5 мм, если только нет боковой приточности. В течение обычного интервала между поливами в 30 дней и при потенциальной скорости капиллярного подъёма влаги равного 7 мм в сутки, ни чем не ограниченное снижение уровня грунтовых вод может составить величину более 1-го метра. Однако, снижение уровня грунтовых вод через некоторое время после полива будет заметно влиять на скорость капиллярного поднятия воды из-за экспоненциального характера зависимости между капиллярным током воды и глубиной залегания уровня грунтовых вод. Местные модели созданы исходя из предположения, что уровень грунтовых вод остаётся неизменным и это предположение может быть вполне обоснованным для большей части орошаемых земель Центральной Азии. Интенсивность поступления влаги из грунтовых вод на эвапотранспирацию культуры может быть не большой по сравнению с потенциальной интенсивностью её возмещения в грунтах с умеренной до высокой величиной боковой гидравлической проводимости. Поливы соседних полей при малом КПД полива вместе с постоянной фильтрацией воды из полевых каналов может обеспечить достаточное возмещение воды, а плохое состояние дренажной сети, которое сложилось на данный момент, обеспечивает поддержание стабильного уровня грунтовых вод.
- Высота и скорость капиллярного поднятия почвенной влаги находятся в обратной зависимости и являются функцией диаметра пор почвы. В почвах тонкого мехсостава высота капиллярного поднятия может составлять более 3-х метров, тогда как максимальная суточная скорость поднятия влаги имеет маленькую величину, а суточное поступление из грунтовых вод на эвапотранспирацию может быть незначительным. И наоборот, если уровень грунтовых вод в почвах грубого мехсостава находится близко от корней, капиллярное поднятие может полностью удовлетворить потребности культуры в орошении. Поэтому, модель для определения поступления из грунтовых вод должна быть чувствительной к классификации почв по мехсоставу. Как было описано в Разделе 5, существует серьёзное и в большой степени несовместимое различие между местной и международной системой классификации почв по мехсоставу. Эффективная совместимая с международной классификация возможна только тогда, когда имеются данные по распределению частиц почвы и поскольку фракции почвы по местной классификации отличаются от фракций почвы по международной классификации, совместимость может быть достигнута только с помощью трудоёмкого процесса интерполяции кумулятивных кривых распределения частиц почвы по их размерам. Невозможность корректно сопоставить почвы по их мехсоставу возможно ведёт к получению плохой корреляции между местной и международной моделями.
- На Рис.15.3 сравниваются величины поступления из грунтовых вод, определённые по скорректированной местной модели, с величинами, определёнными по западной модели. Сравнение даётся для трёх различных по мехсоставу почв (ZL – пылеватые суглинки, CL – иловатые суглинки, L – суглинки), подобранных попарно исходя из максимальной вероятности близкого совпадения их мехсостава в различных системах классификации. Обе модели не только противоречат друг другу по характеру построенных на их основе кривых, но они также меняют порядок соответствующих величин капиллярной подпитки в этих трёх типах почв на обратный. Так например, при глубине залегания уровня грунтовых вод более одного метра по данным западной модели наибольшую величину капиллярной подпитки имеют пылеватые суглинки, а согласно данным местной модели - суглинки.



Для определения средних величин подпитки из грунтовых вод в течение периода с июня по сентябрь 1997 г была использована первоначальная модель Харченко и модификация этой модели, сделанная Хорстом. Средние расчётные величины подпитки из грунтовых вод по полям и по каждой республике приведены в Таблице 15.1.

Таблица 15.1 Подпитка из грунтовых вод по данным местной модели (средние данные по республикам)

Наименование	Казахстан	Киргизстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан	Общ сред
Глубина УГВ (Н в см)	188	856	618	237	227	354
ЕТо (мм/сутки)	5.7	5.1	7.5	6.7	6.4	6.6
Глубина корней (см)	126	102	90	64	77	90
Параметр "m"	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8
(1) Подпитка из грунтов вод (мм/сут по ф-ле $Ge=ET_0/e^{m \cdot H}$)	1.8	0.3	1.1	1.0	1.3	1.2
Параметр "a"	1.11	1.07	0.99	1.24	1.09	1.10
Параметр "b"	1.22	1.23	1.20	1.28	1.21	1.22
(2) Подпитка из грунтов вод (мм/сут по ф-ле $Ge=ET_0 \cdot a \cdot e^{b \cdot (H-h)}$)	2.5	0.4	1.1	1.2	1.6	1.5

Примечание (1) - Подпитка по уравнению А4.2, (2) - по уравнению А4.4, Приложение 4

В этом годовом отчёте по программе WUFMAS используется модель, скорректированная Хорстом (2) (которая основана на уравнении Харченко (1), модифицированном Лактаевым) и величины суточной подпитки из грунтовых вод немного повысились. Это получилось в результате более точного определения величины константы и показателя степени в экспоненциальной модели, а также в результате учёта изменения глубины корнеобитаемой зоны в зависимости от стадии развития культуры и замены в этой модели Н на (Н – h).

Общая средняя величина подпитки из грунтовых вод на покрытие потребностей сельхозкультур в орошении по всем хозяйствам за этот период оценивается примерно в 1.5 мм в сутки. Наблюдается значительное изменение этой величины по полям, от нуля до более 5 мм в сутки, что обусловлено различной глубиной залегания уровня

грунтовых вод, различным мехсоставом почв, различной глубиной корней и скоростью эвапотранспирации. Средние расчётные величины подпитки из грунтовых вод по хозяйствам приводятся в Приложении 4. В хозяйствах номер 1 и 2 в Кызыл-Орде величины суточной подпитки из грунтовых вод самые высокие и составляют примерно 3 мм, а затем идут хозяйства 25 и 26 в Хорезме и хозяйство 37 в Канибадаме с величиной подпитки примерно 2мм. В трёх хозяйствах в Киргизстане подпитки из грунтовых вод не было вообще, а в четвёртом хозяйстве и в хозяйстве номер 14 в Таджикистане и в двух хозяйствах Южного Казахстана подпитка была незначительной. По крайней мере в половине опытных хозяйств величина капиллярной подпитки из грунтовых вод была такой величины, что её необходимо учитывать при расчёте графиков орошения.

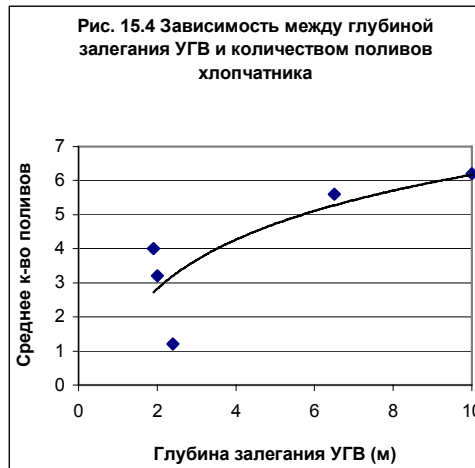
15.3 Эффективность использования воды на уровне поля

В Таблице 15.2 приводятся усреднённые данные об орошении хлопчатника и пшеницы

Таблица 15.2 Данные об орошении хлопчатника и пшеницы и КПД поливов

Наименование параметров	Ед. изм.	Казах-стан	Киргиз-стан	Таджики-стан	Туркмени-стан	Узбеки-стан	Общая Средняя
По опытным полям хлопчатника:							
Количество опытных полей хлопчатника	шт.	13	13	10	9	52	97
К-во полей с расчётами по CROPWAT	шт.	2	2	1	2	8	15
Средняя за сезон глубина УГВ	м	2.3	10.0	5.0	1.9	2.0	3.6
Количество поливов за вегетацию	шт.	1	5	7	4	3	3.4
Оросительная норма за сезон	тм ³ /га	1.1	9.7	13.8	5.0	3.4	4.8
Поливная норма брутто за полив	тм ³ /га	0.97	1.51	2.60	1.38	1.11	1.32
Потенциальная ЕТс' за оросител сезон	тм ³ /га	5.64	5.37	8.62	8.63	7.36	7.20
Фактическая ЕТс'' за оросител сезон	тм ³ /га	4.12	5.12	4.86	7.13	5.67	5.71
Поступление из гр. вод с мая до 15 сент	тм ³ /га	1.81	0	0	2.75	2.98	2.20
Эффективные осадки за сезон	тм ³ /га	0.21	0.92	0.47	0.85	0.60	0.61
Использованные запасы влаги из почвы	тм ³ /га	1.33	1.56	0.63	1.00	0.82	1.00
Потребности в воде нетто по ЕТс' за вычетом поступления из других источников	тм ³ /га	2.27	2.89	7.52	4.03	2.96	3.99
КПД полива Еа' из ЕТс'	%	206	30	54	81	88	55
Потребности в воде нетто по ЕТс'' за вычетом поступления из других источников	тм ³ /га	0.77	2.64	3.76	2.53	1.27	1.90
КПД полива Еа'' из ЕТс''	%	70	27	27	51	38	39
По опытным полям озимой пшеницы:							
Количество опытных полей оз. Пшеницы	шт	2	8	6	8	24	48
Средняя за сезон глубина УГВ	м	1.7	8.1	8.8	1.9	1.7	3.7
Количество поливов за вегетацию	шт	1.0	2.6	4.1	4.6	3.9	3.7
Поливная норма брутто за полив	тм ³ /га	0.96	2.15	1.74	1.74	0.91	1.36

Наблюдается значительная разница между республиками по среднему числу поливов. Имеются доказательства (только для хлопчатника, но не для пшеницы) того, что глубина залегания уровня грунтовых вод зависит от продолжительности интервала между поливами (и следовательно от количества использованной за полив воды – см Раздел 15.1), как это показано на Рис 15.4. На большинстве опытных полей в Казахстане и Узбекистане уровень грунтовых вод был достаточно высоким для оправдания более длинных интервалов между поливами в период пикового водопотребления культур. И на оборот, глубокое залегание грунтовых вод и наличие оросительной воды в достаточном количестве в Киргизстане и почвы грубого мехсостава в Таджикистане, являются причинами того, что графики орошения здесь намного ближе к идеальным графикам, рассчитанным с помощью компьютерной программы CROPWAT , в которой поступление из грунтовых вод не учитывается.



Для озимой пшеницы схема орошения менее понятна. Пшеница в хозяйствах Казахстана орошалась один раз на одном поле, а другом поле она не поливалась вообще, из-за подпитки из грунтовых вод, высокий уровень которых обусловлен боковой приточностью с близлежащих рисовых полей, которые поливаются затоплением по чекам. Здесь также не требуется проведение поливов перед подготовкой земли к севу и проведение промывок. В противоположность этому, необходимость проведения полива перед подготовкой земли к севу и промывки увеличивают частоту проведения поливов до более 4 раз в Туркменистане и почти до 4-х раз в Узбекистане, то есть больше, чем на поливах хлопчатника.

Оросительные потребности нетто для хлопчатника, сумма эффективных осадков и использование запасов влаги из почвы рассчитывались для типичных полей в каждом опытном хозяйстве по программе CROPWAT (ФАО, 1997 год), а подпитка из грунтовых вод считалась по скорректированной Хорстом модели Харченко. Средневзвешенная потенциальная величина ET_c для хлопчатника составила 7.20 тыс.м³/га, но при этом наблюдалась значительная разница между её средними величинами по республикам, от 5.37 тыс.м³/га в Киргизстане до 8.62 тыс.м³/га в Туркменистане и в Таджикистане. Однако эти расчётные потенциальные величины ET_c' не подходят для тех случаев, когда поливальщики по каким либо причинам не могут проводить поливы в соответствии со сроками графика орошения. Увеличение продолжительности интервала между поливами и, как результат, проведение меньшего числа поливов за сезон по сравнению с расчётным идеальным режимом орошения значительно снижает фактическую величину ET_c'' по сравнению с потенциальной величиной ET_c' . Общее количество использованной на поливы воды также снижается и в то же время воздействие водного стресса на культуры снижает урожай.

Для определения КПД полива поля (E_a) в основном используется следующее равенство:

$$E_a = \text{Оросительные потребности культуры нетто (} ET_c \text{)} / \text{Водоподача брутто} \times 100\%$$

Используя потенциальную величину ET_c' вместо фактической величины ET_c'' и снижая таким образом общее количество использованной на поливы воды, рассчитанный по вышеприведённой формуле КПД получается завышенным. Этим объясняется получение расчётной величины КПД поливов более 100 процентов в Казахстане и его завышенные величины в других республиках.

В общем среднем по всем полям хлопчатникам подпитка из грунтовых вод составила 54 процента от фактической оросительной потребности нетто (ET_c''), с учётом

использования запасов влаги в корнеобитаемой зоне и эффективных осадков. После учёта поступления всей этой влаги общая средняя скорректированная оросительная потребность нетто составила 3.99 тыс.м³/га, изменяясь в диапазоне от 2.27 тыс.м³/га в Казахстане до 7.52 тыс.м³/га в Таджикистане. Это позволяет более точно определять величину КПД поливов за сезон, как это показано в Таблице 15.2. Общая средняя величина КПД (Еа'') составила 39 процентов или 61 процент общего количества воды, поданного на поля, было потеряно. Наблюдается значительная разница в величине КПД полива по хозяйствам и это отражается в большой разнице при расчёте средних величин КПД (Еа'') по республикам, величина которого изменяется от 70 процентов в Казахстане и до 27 процентов в Киргизстане и Таджикистане.

Больше смысла имеет расчёт КПД полива, основанный на определении суммарной величины эвапотранспирации культуры ЕТс до проведения каждого полива. Если культура не поливается в определённый по графику поливов день и она испытывает стресс из-за дефицита воды, устья пор листьев закрываются и скорость эвапотранспирации снижается. Модифицированная оценка величины эвапотранспирации ЕТс, скорректированной с учётом подпитки из грунтовых вод и эффективных осадков, даётся в виде процента от общего количества использованной для полива воды, когда культура наконец то поливается. Такой расчёт может быть основан только на графиках поливов каждого отдельного поля и является предметом для более детального изучения, нежели это позволяют рамки данного отчёта.

На практике, низкая величина КПД полива является результатом потерь воды из-за чрезмерного её просачивания за пределы корнеобитаемой зоны и из-за сброса воды в дренаж, когда она достигает конца борозды. На полях с почвами, имеющими скорость инфильтрации от средней до низкой, вода не может впитаться в почву за сравнительно короткий промежуток времени проведения полива, что ведёт к огромным потерям воды на холостой концевой сброс. Тем не менее, зачастую низкие КПД полива относят за счёт чрезмерной длины борозд, больших уклонов поверхности поля и низкой скорости инфильтрации.

15.4 Уклоны поверхности земли и скорость инфильтрации на опытных полях

Согласно местной методике увеличение до максимума КПД поливов поверхностным способом зависит от уклона поверхности земли и класса почвы по коэффициенту инфильтрации. Основа для классификации орошаемых земель в Центральной Азии была разработана Лактаевым (1987 г.) и описывается в Приложении 4. Классификация 220 опытных полей по этой системе приводится в Таблице 15.3.

На опытных полях WUFMAS представлено большинство возможных групп сочетаний "уклон - водопроницаемость". Наиболее представительной группой (46 процентов) являются орошаемые земли с типами почв по международной классификации пылеватый суглинок (ZL), суглинок (L) и опесчаненный иловатый суглинок (SCL) и с малыми и очень малыми уклонами поверхности земли. Почвы большинства полей имеют скорость инфильтрации от средней до ниже средней, между 3.4 и 10.5 мм/час, а уклоны поверхности большинства полей малые – менее 0.25 процента (0.0025).

Широко распространённое мнение, что чрезмерная длина борозд является причиной потерь воды, не подтвердилась в большинстве случаев. На 108 из 122 полей, орошаемых по бороздам (89 процентов), фактическая длина борозд была равна или была меньше рекомендуемого максимума по методике Лактаева. Исключением явились поля с высокопроницаемыми почвами, на которых длина борозд была значительно больше рекомендуемой для всех уклонов поверхности земли (14 полей из 122, или 11 процентов).

Таблица 15.3 Классификация опытных полей по уклонам поверхности земли и скорости инфильтрации почвы (в процентах из 220 полей)

Класс почвы по скорости инфильтрации		Высокая	Выше средней	Средняя	Ниже средней	Низкая	Общая средняя
Установившаяся скорость инфильтрации (мм/час)	>17мм/ч	11.6-12.8	6.4-10.5	3.4-6.0	1.3-3.0		
Класс по уклону поверхности	Уклон %	S	SL	L, ZL, SCL	CL, ZCL, SC	C, ZC	
Очень большой	>2.50	2.3	0.5	5.5	3.2	0.5	11.8
Большой	0.75 – 2.50	2.7	0	3.6	1.8	1.8	10.0
Средний	0.25 – 0.75	2.3	0.5	3.6	0.9	0.5	7.7
Малый	0.10 – 0.25	0.5	2.3	19.1	8.2	0.5	29.1
Очень маленький и без уклона	<0.10	0	0	26.4	8.6	6.4	41.4
Общая средняя		7.7	1.8	58.2	22.7	9.5	100

На основании этих данных и местной методики расчёта, можно сделать заключение, что по своим параметрам запроектированная оросительная сеть в основном соответствует фактическим уклонам поверхности полей и скоростям инфильтрации почвы. Поэтому, неадекватная продолжительность полива и расходы, подаваемые в борозду, являются причинами низкой эффективности использования оросительной воды.

15.5 Потери воды

По программе WUFMAS проводились замеры потерь воды только непосредственно на опытных полях, а информация о “нормативных” потерях на транспортировку, о фактическом количестве доставленной и использованной воды в опытных хозяйствах в годовом разрезе и по месяцам собирается по отчётным данным администрации хозяйств. В Приложении 4 приводятся потери воды на различных участках оросительной сети хозяйств, определённые по этим данным.

При доставке воды по каналам, которые в основном не имеют противофильтрационной облицовки, и при проведении поливов по бороздам невозможно избежать некоторых потерь воды. “Неизбежные” потери достаточно обоснованы местными нормами на проектирование оросительных систем и исходя из предположения, что эти расчётные потери являются обоснованными, любые дополнительные потери предположительно могут быть уменьшены с помощью улучшения практики водопользования. Общая средняя величина этих “предотвратимых” потерь составляет примерно 4.4 тысячи кубометров на гектар или 36 процентов от общего количества воды, доставленного к границам хозяйства. Однако имеется большая разница в величине этих потерь по отдельным хозяйствам, от 4 – 7 процентов в хозяйствах Каракалпакстана до 50 – 58 процентов в хозяйствах Сырдарьинской области. Причина явно лучшего использования воды в хозяйствах Каракалпакистана вызвана просто нехваткой оросительной воды и намного меньшим, по сравнению со средним, количеством воды, которое подаётся в эти хозяйства. Хозяйство №27 получило всего 2.8 тысячи кубометров на гектар, что является недостаточным для орошения всех посевных площадей, 60 процентов из которых засеяны хлопчатником. Хозяйство №28 получило всего 6.8 тысяч кубометров воды на гектар, что является недостаточным для выращивания риса на 60 процентах всех орошаемых площадей в хозяйстве. Хозяйства №23 и №24 также получили воды меньше средней водоподачи в хозяйства, но из-за того, что они расположены на вновь освоенных землях и проектные КПД их

оросительных систем высокие, плохая практика водопользования приводит в результате к большой величине “предотвратимых” потерь.

Средняя величина потерь на доставку воды в магистральных каналах (по оценкам проекта WARMAP-1) составляет примерно 15 процентов. Количество воды, забранное в голове подающего канала определяется по количеству воды, поданной к границе хозяйства, которое ежедневно измеряется персоналом Райводхоза и хозяйства. Количество воды, доставленное к границам опытных полей, измеряется техниками, а потребности культур в воде определяются по программе CROPWAT (ФАО, 1997 год) с учётом поступления из грунтовых вод в корнеобитаемую зону и с учётом потребностей на промывки. Эти величины позволяют определять потери воды на поле при проведении поливов, а также потери воды во внутриводхозяйственной оросительной сети между точкой водовыдела в хозяйство и точкой водовыпуска на поле. Потери во внутриводхозяйственной сети затем можно примерно подразделить, исходя из проектного КПД самой сети, на транспортировочные потери и организационные потери. Средняя величина потерь по республикам, а также потери в процентах от головного водозабора приводятся в Таблице 15.4. В этой таблице также показаны объёмы и доля воды в количественном отношении, которые остаются после потерь и могут быть использованы на орошение на каждом участке системы доставки воды.

Таблица 15.4 Средние величины потерь воды в оросительной системе в тыс. м³/га (в процентах от головного водозабора)

Участок оросительной сети и типы потерь воды	Казахстан		Киргиз-Стан		Таджикистан		Туркменистан		Узбеки-Стан		Общая средняя	
	Сред. поте. р	К-во орос. воды	Сред. поте. р	К-во орос. воды	Сред. поте. р	К-во орос. воды	Сред. поте. р	К-во орос. воды	Сред. поте. р	К-во Орос. воды	Сред. потер	К-во орос. воды
Головной водозабор	-	20.2 (100)	-	11.2 (100)	-	21.0 (100)	-	8.8 (100)	-	12.9 (100)	-	14.3 (100)
Потери на доставку от реки до границы хозяйства	3.0 (15)	-	1.7 (15)	-	3.1 (15)	-	1.3 (15)	-	1.9 (15)	-	2.1 (15)	-
Водоподача на границе хозяйства	-	17.2 (85)	-	9.5 (85)	-	17.8 (85)	-	7.5 (85)	-	10.9 (85)	-	12.1 (85)
Потери на доставку от границы хозяйства до границы поля	4.9 (24)	-	2.4 (21)	-	3.1 (25)	-	2.4 (27)	-	2.5 (19)	-	3.1 (22)	-
Организационные потери на участке между границей хозяйства и поля	5.4 (27)	-	1.7 (16)	-	1.0 (5)	-	1.1 (13)	-	3.8 (29)	-	3.2 (23)	-
Водоподача на границе поля	-	6.9 (34)	-	5.4 (48)	-	11.6 (55)	-	4.0 (45)	-	4.7 (36)	-	5.8 (41)
Потери при поливе поля	-	2.9 (14)	-	3.6 (32)	-	7.7 (37)	-	1.7 (19)	-	2.0 (16)	-	2.9 (21)
Вода, удержанная в корневой зоне	4.0 (20)	-	1.8 (16)	-	3.9 (19)	-	2.3 (26)	-	2.7 (21)	-	2.8 (20)	-

Эти расчётные величины основаны на данных по нескольким опытным хозяйствам программы WUFMAS, а общая средняя величина головного водозабора в 14.3 тысячи кубометров на гектар соответствует общей средней величине головного водозабора, зарегистрированного БВО. По сравнению с другими республиками средние нормы водоподдачи намного больше в хозяйствах Казахстана и Таджикистана. Большие нормы водоподдачи в хозяйствах Казахстана обусловлены выращиванием риса, а в хозяйствах Таджикистана это вызвано орошением земель, расположенных на крутых склонах с почвами грубого мехсостава. В хозяйствах Туркменистана водоподача была в среднем меньше, что возможно отражает дефицит воды для этих хозяйств, которые получают воду не из Каракумского канала.

Потери на транспортировку во внутрихозяйственной оросительной сети в среднем также больше в хозяйствах Казахстана и Таджикистана, но если рассматривать эти потери как долю по отношению к головному водозабору, то разница между их величинами по республикам небольшая. Средние величины “предотвратимых” потерь, которые были допущены в результате плохой организации водопользования и эксплуатации каналов заметно изменяются по опытным хозяйствам в пяти республиках, от 27 процентов от объёма головного водозабора в Казахстане до всего 5 процентов в Таджикистане. В Таджикистане это возможно является отражением дефицита воды в хвостовой части Большого Ферганского Канала и хозяйствам приходится качать воду на поливы насосами из Кайраккумского водохранилища и из месторождений подземных вод. Эта разница отражает значительные изменения в объёмах воды, доставленной к границам полей, от 11.6 тысячи кубометров на гектар в Таджикистане до всего только 4.0 тысячи кубометров на гектар в Туркменистане.

Подсчитанные потери воды при поливе поля имеют самую малую величину в хозяйствах Узбекистана и Туркменистана, где она составляет менее 2 тысяч кубометров на гектар, а самая большая их величина, равная 7.7 тысячи кубометров на гектар, наблюдается в хозяйствах Таджикистана из-за невозможности проведения поливов с высоким КПД на полях, которые расположены на крутых склонах с почвами грубого мехсостава. Удержание оросительной воды в корнеобитаемой зоне зависит от нескольких факторов, таких как мехсостав почвы и типы выращиваемых культур, от которых зависит глубина корнеобитаемой зоны и частота проведения поливов. По оценкам количество удерживаемой воды изменяется от 1.8 тысяч кубометров на гектар в Киргизстане до 4 тысяч кубометров на гектар в Казахстане. Как доля по отношению к головному водозабору, количество доступной для культур оросительной воды довольно постоянно по республикам и составляет в среднем примерно 20 процентов.

Такая низкая средняя величина КПД системы орошения должна быть предметом серьёзного внимания со стороны Правительств Центрально-Азиатских республик.

Основными причинами этих потерь воды является следующее:

- отсутствие согласованности между графиками работы магистральных каналов и готовностью полей для проведения поливов;
- пропускная способность оросительных систем; но основная причина
- отсутствие реальных стимулов у поливальщиков для сбережения воды.

Зачастую случается так, что большому числу водопользователей необходимо проводить поливы одновременно, и при этом они не берут в расчёт пропускную способность каналов и водно-физические свойства почв орошаемых полей. Из-за плохой организации работы внутрихозяйственной системы каналов водопользователи зачастую получают воду в течение сравнительно короткого периода времени и в больших количествах, чем корнеобитаемая зона может удержать за это время. Такая ситуация является наиболее типичной для земель, расположенных в среднем и нижнем течении рек, а также для земель, расположенных на крутых склонах с почвами, имеющими низкую скорость инфильтрации. Водопользователи тех хозяйств, земли которых расположены на крутых склонах с высоко проницаемыми почвами, и особенно в хозяйствах с большой разницей в высотном положении полей, поливают сначала более высоко расположенные поля для того, чтобы иметь возможность повторного использования поверхностных стоков и дренажной воды в качестве дополнения при поливе ниже расположенных земель. Часть из этих потерь воды затем повторно используется в виде подпитки корнеобитаемой зоны из грунтовых вод, но зависимость от этой подпитки для покрытия потребностей культуры в воде не может быть оправдана, потому что высокий уровень грунтовых вод вызывает вторичное засоление.

На практике на сегодня не существует чёткой стратегии водопользования на уровне хозяйства. Так периоды, когда оросительная вода сбрасывается напрямую в дренажную систему сменяются периодами пикового водопотребления, когда недостаточно воды для одновременного полива всех полей, которые требуют полива. Поэтому плохая организация водопользования ещё больше усиливает дефицит воды. Снижение организационных потерь воды из внутривозвращенной оросительной сети на 1 – 2 процента и повышение КПД поливов до 70 процентов позволит культурам получать дополнительно 2.7 тыс.м³/га оросительной воды приемлемого качества и улучшить качество земель.

15.6 Продуктивность использования оросительной воды для выращивания хлопчатника и пшеницы

Показателями продуктивности использования оросительной воды являются:

- количество оросительной воды, потреблённое при производстве единицы продукции сельхозкультуры (тыс м³/тонну)
- количество собранного урожая сельхозкультуры на единицу объёма использованной воды (тонн/тыс м³).

Эти средневзвешенные показатели, подсчитанные по данным с опытных полей для основных культур региона в разрезе республик представлены в Таблице 15.5.

Таблица 15.5 Продуктивность оросительной воды при выращивании хлопка и озимой пшеницы

Характеристики	Ед изм	Казах- стан	Киргиз- стан	Таджики- стан	Туркме- нистан	Узбеки- стан	Общая соедняя
По опытным полям хлопчатника:							
Урожай с опытного поля	т/га	2.56	2.43	1.74	2.75	2.41	2.40
Урожай с опытных участков	т/га	2.52	2.51	1.69	3.32	2.68	2.60
Продуктивность всей воды, использованной за год	тыс м ³ /т	2.28	3.86	8.45	2.68	2.30	3.18
Продуктивность всей воды, использованной за год	т/тыс м ³	0.45	0.26	0.13	0.40	0.46	0.39
Продуктивность оросительной воды	только тыс м ³ /т	0.46	3.86	8.45	2.04	1.38	2.38
Продуктивность оросительной воды	только т/тыс м ³	2.33	0.26	0.13	0.51	1.02	0.96
По опытным полям озимой пшеницы							
Урожай с опытного поля	т/га	1.43	3.17	2.13	1.72	2.62	2.45
Урожай с опытных участков	т/га	1.78	3.40	1.93	2.38	3.03	2.79
Продуктивность всей использованной воды	тыс м ³ /т	1.57	1.62	3.32	4.66	1.60	2.33
Продуктивность всей использованной воды	т/тыс м ³	1.53	0.70	0.30	0.23	1.08	0.79

Суммарная водоподача на поля за сезон включает влагозарядные поливы, которые очень часто также совмещаются с промывными поливами. Суммарная средневзвешенная фактическая оросительная норма для хлопчатника составила 7.24 тыс м³/га, включая 2.04 тыс м³/га на промывку и влагозарядку. Средневзвешенная урожайность хлопчатника, зафиксированная на уровне поля, составила 2.33 тонны/га. Следовательно общая средняя продуктивность воды по хлопчатнику составила 0.39 тонны хлопка сырца на каждую тысячу кубометров поданной воды. Соответствующие величины для озимой пшеницы составили 0.79 т/тыс м³ использованной воды, что в два раза больше, чем для хлопка. Если учитывать только воду, использованную непосредственно для поливов, тогда продуктивность хлопчатника получается намного выше, на уровне 0.96 тонн/тыс м³. Эти оценки сделаны без учёта экономической стоимости продукции, как это описывается в Разделе 12.

Имеются две причины явно большей продуктивности воды при выращивании пшеницы по сравнению с хлопчатником. Во-первых, для данного количества потреблённой воды,

само растение пшеницы всегда более эффективно при аккумуляции энергии в виде сухой массы крахмала по сравнению с растением хлопчатника, которое аккумулирует энергию в виде сухой массы волокна и семян. Вторая причина состоит в том, что озимая пшеница получает значительную пропорцию своей общей потребности в воде в виде дождей, которые при определении этого индекса не учитываются.

Величины этих индексов продуктивности использования воды не намного меньше тех, которые имеют место в других, схожих по условиям, регионах мира, но причиной такой продуктивности воды является то, что эти культуры в условиях Центральной Азии потребляют много воды в виде подпитки из грунтовых вод. При низком КПД поливов в Центральной Азии для получения урожаев на существующем уровне потребовалось бы проводить большее количество поливов, если бы не было значительной подпитки из грунтовых вод. Более высокие нормы водоподачи снизили бы индекс продуктивности намного ниже его международной величины. В этом отчёте неоднократно отмечалось, что нет оправдания поддержанию высокого уровня грунтовых вод за счёт потерь на глубокое просачивание оросительной воды, так как вода имеет значительную экономическую стоимость вместе со стоимостью дренажных систем и ущербом, наносимым вторичным засолением земель.

Самая большая величина продуктивности воды наблюдается в Казахстане и Узбекистане, а самая маленькая – в Киргизстане и Таджикистане. Причиной этого опять является в основном влияние подпитки из грунтовых вод на снижение потребностей воды на орошение. Дополнительным фактором, влияющим на снижение продуктивности использования воды в Таджикистане, является невозможность эффективного орошения хлопчатника по бороздам на землях, расположенных на крутых склонах с почвами грубого мехсостава.

15.7 Качество оросительной воды

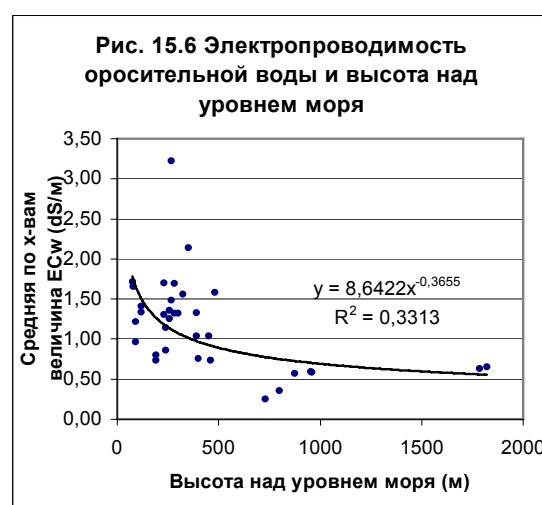
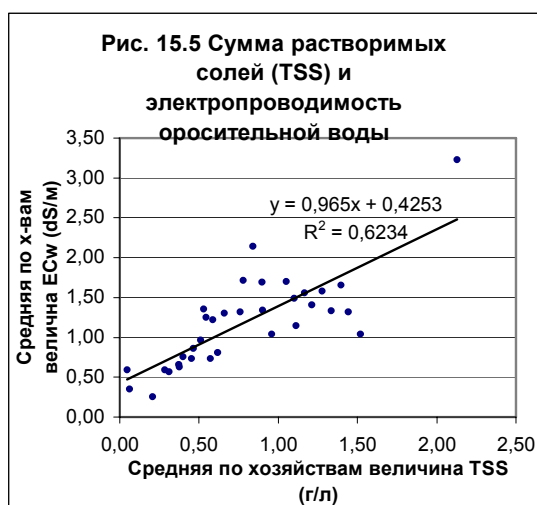
Большая часть оросительной воды образуется вследствие таяния снега и как таковая эта вода должна быть идеальной для орошения. Значительное загрязнение рек и каналов в результате сброса в них дренажной воды имеет место в среднем течении рек и это отражается в результатах анализов проб воды. В некоторых местах нехватка оросительной воды восполняется с помощью перекачки дренажной и грунтовой воды на орошение.

Минерализация воды влияет на культуру через осмотическую способность поверхности корней, что выражается в нарушении способности корней поглощать воду в достаточном количестве. Традиционно в Центральной Азии опасность минерализации оросительной воды измерялась величиной плотного остатка (TDS в грамм/литр). Кроме этого используется другая характеристика в виде концентрации хлоридов и соотношение между содержанием хлоридов и сульфатов. Такая же система оценки используется и в других странах, с той только разницей, что вместо величины плотного остатка (TDS) используется суммарная концентрация растворимых солей (TSS), исходя из предположения, что величина плотного остатка (TDS) может быть завышена из-за содержания растворимого органического вещества и коллоидной глины. Привлекательность этой системы оценки состоит в том, что она требует минимум оборудования – контейнер, фильтр, печь и весы. Фундаментальным недостатком системы оценки по содержанию TDS/TSS является то, что зависимость между осмотическим давлением почвенного раствора и содержанием в нём TDS в большой степени зависит от химического состава раствора. Для одновалентных солей, таких как хлорид натрия, эта зависимость имеет почти линейный характер для всего диапазона величин, встречающихся по опытным полям, но в противоположность этому, осмотическое давление основной составляющей соли в TDS, сульфата кальция, равно почти нулю.

По этой причине система оценки по содержанию TDS и TSS фундаментально **не** подходит для использования в условиях Центральной Азии, где сульфаты кальция и магния не являются преобладающими солями в большинстве проб оросительной воды (см. Раздел 7). Осмотическое давление раствора трудно измерять напрямую и хотя его можно подсчитать по результатам детального анализа ионного состава, этот метод также является длительным лабораторным процессом. Метод электрической проводимости наиболее широко применяется в международной практике, как наиболее эффективный, позволяющий установить величину осмотического давления наиболее близко к его истинной величине и ещё из-за того, что величину электропроводимости легко можно измерять в полевых условиях с помощью портативного прибора. Зависимость между величиной электропроводимости воды (ЕСw) и концентрацией солей, а следовательно и их осмотическим давлением, является линейной в пределах всего вероятного диапазона содержания солей. К сожалению, величина коэффициента линейности (наклон) зависит от типа соли, и тогда как насыщенный раствор сульфата кальция имеет максимальную величину электропроводимости ЕСw равную 2, другие соли, содержащиеся в оросительной воде, имеют намного большие величины электропроводимости. И хотя по этим причинам величина электропроводимости воды ЕСw не является совершенной мерой для измерения осмотического давления и опасности минерализации, она имеет больше смысла и более удобна по сравнению с величиной TDS.

Второй момент нуждается в прояснении. Если натрий и ионы хлоридов и бикарбонатов присутствуют в воде, они способствуют увеличению величины электропроводимости ЕСw, и если их концентрация в воде является высокой, они будут являться причиной опасного уровня минерализации воды. Однако, эти ионы имеют совершенно независимое воздействие на сельхозкультуры и они могут иметь вредное воздействие на растения при концентрациях ниже тех, при которых вода считается минерализованной. Это воздействие связано с биохимией поглощения ионов и обменом веществ растений, которое в широком смысле называется термином “токсичность” и с физическими характеристиками почвы. Международные критерии установили специальные пределы концентрации этих ионов, как это показано в Разделе 7, Таблица 7.6.

Зависимость между средней величиной суммы растворимых солей (TSS) и электропроводимостью (ЕСw) в пробах оросительной воды из 36 опытных хозяйств программы WUFMAS приводятся на Рис. 15.5.



Линейная зависимость тренда имеет величину R^2 равную 62 процента, значимую при обеспеченности $P = 0.001$ процента. Если бы в оросительной воде преобладала одинаковая соль, то тогда можно было бы ожидать получение чёткой линейной зависимости с более высокой величиной R^2 . Разброс точек по-видимому вызван сочетанием переменного состава солей и ошибками при взятии образцов.

На Рис.15.6 показана кривая зависимости средней величины минерализации оросительной воды от высотного положения хозяйства над уровнем моря. Величина R^2 по эмпирической степенной кривой равная 33 процентам не является высокой, но она всё же высоко значимая величина при обеспеченности $P=0.001$ процента. Тем не менее, имеет место широкий разброс точек, что делает эту простую зависимость не очень полезной. Кроме неизбежных ошибок при взятии проб, вполне вероятно, что причиной такого разброса является влияние дренажных возвратных стоков в оросительную воду и различных гидрогеологических условий рек - притоков, которые также влияют на качество воды.

По местным критериям, таким как TDS (общий плотный остаток) и содержание хлоридов, типичные пробы оросительной воды являются умеренно минерализованными во всех республиках, кроме Киргизстана. Однако, согласно международным критериям минерализации, электропроводность (EC_w), концентрация хлоридов и соотношение натрия в поглощающем комплексе (SAR), общая ситуация с минерализацией воды менее серьёзная. Качество воды в Киргизстане, в верховьях реки Сыр Дарьи, намного лучше, и средняя величина электропроводности воды (EC_w) здесь равна 0.54-0.59dS/м. До некоторой степени хуже сложилась ситуация в хозяйствах Казахстана по сравнению с хозяйствами Узбекистана и Туркменистана, особенно в 1997 году.

В Таблице 15.6 приводятся данные из хозяйства №21 Сурхандарьинской области Узбекистана для иллюстрации зависимости между минерализацией оросительной воды и засоленностью почвы на тех полях, которые орошались водой из различных источников с различной степенью минерализации. Зимой 1995/96 года снега выпало очень мало и в оросительный сезон 1996 года ощущалась нехватка воды в каналах, поэтому поля №9 и №10 поливались дренажной водой. Средняя за сезон электропроводность EC_w дренажной воды, использованной на орошение была равна почти 2dS/м и как следствие, к маю 1997 года засоленность почвы на этих полях увеличилась соответственно на 115 и 214 процентов по сравнению с маем месяца предыдущего года. В течение этого же периода поля с 4 по 7 поливались исключительно водой из канала, величина электропроводности EC_w которой составляла примерно 0.7dS/м, и на двух полях наблюдалось небольшое увеличение засоленности, а ещё на двух полях произошло небольшое снижение засоленности. Этот пример является подтверждением важности качества оросительной воды.

Таблица 15.6 Минерализация оросительной воды и засоленность почвы в хозяйстве №21

Характеристики	Ед. изм.	Даты	Номера полей									
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Засоленность почвы EC_e	dS/м	1996г.	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	1.7	1.0	1.3	1.0
		Май 1997г	0.6	2.5	1.3	0.8	0.9	0.6	1.1	3.0	2.8	3.2
Изменение засоленности EC_w оросительной воды	%	с 96г по 97г	38	553	163	43	45	-6	-35	196	115	214
	dS/м	в сезон 1996г	1.2	1.1	1.2	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	1.9	1.9

В общем, катионы кальция и магния являются преобладающими катионами во всех республиках, за исключением Таджикистана. Преобладающее большинство проб оросительной воды содержало меньше 10 мг/л этих катионов, но в Казахстане концентрация катионов была немного выше чем в Узбекистане. Концентрация калия

очень низкая повсеместно и не встречается образцов с его содержанием более 2 мг/л. Хозяйства в Ленинабадской области (№14 и №37) обслуживаются хвостовой частью Большого Ферганского Канала и недостаток воды требует использования дополнительной воды, которая подкачивается из Кайраккумского водохранилища и из скважин вертикального дренажа. Из одного из этих источников поступает вода с примесью натрия, что придаёт воде серьёзную опасность солонцоватости, которая наблюдается примерно в трети проб. Около 10 процентов проб из опытных хозяйств Узбекистана в 1996 году были сильно солонцоватые и 29 процентов имели умеренную солонцоватость. Этот результат не столь явно выражен по данным анализов образцов в 1997 году и может указывать на большее использование грунтовых вод на орошение в очень маловодный 1996 год.

Почти повсеместно сульфаты являются преобладающими анионами, что указывает на то, что сульфаты кальция и магния являются основными растворёнными солями. Значительная часть образцов с содержанием более чем 10 мг/л этих солей встречается только в Таджикистане и Узбекистане в маловодный период 1996 года, но при этом эти анионы являются более полезными, чем опасными. Уровни содержания хлоридов были слегка более высокими на части территории Узбекистана, но в основном их уровни не были опасными. Используя международный порог в 10 мг/л в качестве верхнего предела опасности загрязнения поверхностной оросительной воды хлоридами, только 2 процента проб воды в 1996 году были выше этого уровня, а в 1997 году эта величина составляла 3 процента. Меньшее количество образцов было исследовано в 1997 году и поскольку эти образцы были взяты из районов с более высокими уровнями минерализации воды, опасные уровни содержания хлоридов в них составляли в пропорциональном отношении большую величину, примерно около 10 процентов образцов в Узбекистане и Казахстане. Уровни содержания хлоридов в оросительной воде в большинстве случаев были самыми высокими в течение весны.

Все пробы воды были щелочными, но с невысокой концентрацией бикарбонатов, до 3.6 мг/л в Казахстане и до 4.0 мг/л в Узбекистане. По данным 1996 года две трети проб воды из Казахстана по щёлочности имели умеренную опасность для чувствительных культур, а остальные пробы относились к низкому классу по опасности щёлочности. Но по измерениям в 1997 году все образцы можно отнести к классу с низкой опасностью щёлочности. Влияние воды на повышение щёлочности почвы рассматривается в Разделе 5.

15.8 Дренажная и грунтовая вода

Большая часть проб дренажной и грунтовой воды из хозяйств Узбекистана и Казахстана имели серьёзную минерализацию, представляя тем самым основную опасность для почвы и культур, если такую воду использовать на орошение. Доля таких проб воды в Туркменистане и Таджикистане меньше, но тем не менее она значительна.

Натрий представляет серьёзную опасность в пробах из всех республик, за исключением Киргизстана, и имеются некоторые особенно высокие величины его содержания в пробах воды из хозяйств Туркменистана. Сульфаты являются преобладающими анионами, указывающими на то, что основная соль, которая растворена в грунтовой и дренажной воде, это сульфат натрия. Почвы в основном содержат много гипса, но только с помощью дальнейших исследований можно будет установить, является ли содержание натрия в почве следствием концентрации солей, которые содержались в ирригационной воде и накопились в результате эвапотранспирации или эти соли были подняты из морских отложений вместе с поднявшимся уровнем грунтовых вод. Хлориды не являются основными солями, увеличивающими минерализацию в большинстве хозяйств, за исключением Туркменистана, где в некоторых случаях их уровень был очень высоким вместе с

высоким уровнем содержания натрия, из чего становится ясно, что хлориды натрия содержатся в почве.

Высокие уровни содержания двухвалентных катионов сульфатов смягчают влияние высоких уровней содержания натрия и величины SAR не являются опасными.