



Международный исследовательский центр по  
сельскохозяйственным наукам Японии (JIRCAS)  
Совет фермеров Узбекистана (СФ)

Мелкий закрытый дренаж для уменьшения  
засоленности почвы

# Техническое руководство



## ПРИ УЧАСТИИ

Партнерская организация:

Совет фермеров, Узбекистан

Наблюдательный совет:

Йошинобу Китамура: Университет Тоттори, Япония

Коичи Нобе: Сеншуйский университет, Япония

Садао Егучи: Национальная организация по исследованиям в области  
сельского хозяйства и пищевых продуктов (NARO)

Ан Пинг: Университет Тоттори, Япония

Проектная группа, подготовившая Руководство:

Юкио Окуда, JIRCAS

Кейсукэ Омори, JIRCAS

Джуня Ониши, JIRCAS

Напечатано в феврале 2017 г.

Пересмотрен в сентябре 2017 г.

Все права сохранены за Международным научно-исследовательским центром по сельскохозяйственным наукам (JIRCAS). JIRCAS и Совет Фермеров (СФ) поощряют копирование и распространение материалов технического руководства. Копирование и перепечатка содержания разрешены только при предварительном получении письменного разрешения JIRCAS и СФ. Все результаты, предложения и рекомендации, выраженные здесь, являются мнением авторов и не обязательно отражают мнение JIRCAS или других организаций, с которыми сотрудничают авторы.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сельскохозяйственная производительность в Средней Азии резко увеличилась в середине 20-ого столетия вследствие крупномасштабного освоения сельскохозяйственных земель. Государство способствовало развитию сельского хозяйства в засушливых и полузасушливых регионах путем затрат энергии и ресурсов. Хотя нерациональное управление водными ресурсами и плохое дренирование привели к широкому распространению засоления в Средней Азии, в том числе и в Узбекистане, который нанес серьезный ущерб сельскохозяйственному производству на больших площадях.

Различные меры могут быть приняты, чтобы смягчить засоление, включая водосберегающие методы (например, капельное орошение, дождевание), промывка, напуском по полосам, лазерная планировка, дноуглубительные работы в открытом дренаже, установка закрытого дренажа и удаление поверхностной засоленной почвы. Однако, почти все эти меры, требуют немалых первоначальных расходов, что является главным барьером для их применения. В результате оказывается, единственная доступная мера для фермеров это промывка поля в зимний период после уборки урожая хлопка. Но эффективность промывки уменьшается из-за сформировавшегося твердого подпахотного слоя, в результате неоднократного передвижения сельскохозяйственных машин по полю в течение долго времени. Поэтому, необходимы соответствующие срочные контрмеры.

С 2008 года по 2012 год, Международный исследовательский центр по сельскохозяйственным наукам Японии (JIRCAS) реализовал научно-исследовательский проект *“Изучение мер по противодействию засолению сельскохозяйственных земель”*, в котором основное внимание было уделено методам по уменьшению засоления в фермерских хозяйствах, которые могут быть использованы на полях с высоким уровнем грунтовой воды. По полученным результатам проекта было разработано руководство, представлено и обсуждено на семинарах и распространено среди заинтересованных лиц в Узбекистане, на которых оказывает отрицательно воздействие засоление.

В 2013 году был начат новый научно-исследовательский проект в соответствии Соглашениями о совместных исследованиях, подписанными с Советом Фермеров Узбекистана, который был направлен на изучение технологии мелкого закрытого дренажа, с целью улучшения эффективности промывок полей, а также дренажных блоков, которые могут заблокировать влияние на поля от прилегающих полей.

Это техническое руководство было составлено на основе результатов проведенной научно-исследовательской деятельности (с 2013 г. по 2017г.), которая была профинансировано Министерством сельского хозяйства, лесных угодий и рыбного промысла Японии, и предназначена для широко использования сотрудниками государственных учреждений и фермерами.

Кроме того, разработка данного технического руководства было поддержано: Министерством сельского хозяйства, лесных угодий и рыбного промысла; Посольством Японии; Японским агентством по международному сотрудничеству; так же другими научно-исследовательскими институтами; и тремя Ассоциациями Водопотребителей («Янгибад», «им. Ахмедова», и «им. Бабура») из Сырдарьинской области Узбекистана.

Я выражаю всем признательность за сотрудничества.

1 февраля 2017г.  
д-р Сатоши Тобита  
Директор программы  
JIRCAS

## Благодарность

Исследование для подготовки этого технического руководства было профинансировано Министерством сельского хозяйства, лесоводства и рыболовства (МСЛР) Японии. Исследование было осуществлено в сотрудничестве, и при поддержке, Совета Фермеров Узбекистана. Мы выражаем благодарность за вклад заинтересованных организаций и людей. Мы также очень благодарны многим другим организациям и людям за их помощь, и хотели бы перечислить их, хотя бы частично: Сырдарьинский областной филиал и районные филиалы; Бассейновое управление ирригационных систем; Гидрогеологическая мелиоративная экспедиция, Научно-исследовательский Институт Ирригации и водных проблем, Гулистанский Университет, Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру, Ташкентский Институт ирригации и мелиорации (ТИИМ); Посольство Японии; и Агентство по Международному сотрудничеству Японии (JICA). Институт сельского машиностроения (IRE), Национальная организация по исследованиям в области сельского хозяйства и пищевых продуктов (NARO). Многие люди поддерживали нас, особенно, Тошбоев Хамид Холмуминович, Икрамов Абдурашид Лапасович и Маллаев Янгибой которые предоставили экспериментальные участки в их хозяйствах, что дало нам большие возможности для проведения наших исследований, а также члены трех заинтересованных ассоциаций водопотребителей. Здесь мы представили не полный список организаций, агентств, и сотрудников, которым мы хотели бы выразить искреннюю благодарность.

В заключении, мы хотели бы выразить нашу признательность за логистическое обеспечение всем сотрудникам офиса в Узбекистане.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИ УЧАСТИИ	я
ПРЕДИСЛОВИЕ	ii
БЛАГОДАРНОСТЬ	iii
СОДЕРЖАНИЕ	iv
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	v
ТЕРМИНЫ ИСПОЛЬЗОВАНЫ В РУКОВОДСТВЕ	vi
ВВЕДЕНИЕ	vii
Главы 1. ЗАСОЛЕНИЕ	
1.1    Что такое засоление?	1
1.2    Механизмы засоления	2
1.3    Классификация засоления	3
Главы 2. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И УЛУШЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ	
2.1    Профилактические меры	9
2.2    Меры по улучшению	16
Глава 3. МОНИТОРИНГ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕЙ В ПОЧВЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИНЫ	
3.1    Цель мониторинга и применяемые методы	20
3.2    Исследуемые вопросы для определения причины накопления солей	22
3.3    Причины накопления солей на экспериментальных полях	29
Глава 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКОГО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕЙ НА ОРОШАЕМЫХ ПОЛЯХ	
4.1    Определение мелкого закрытого дренажа в данном руководстве	32
4.2    Структура системы мелкого закрытого дренажа	34
4.3    Проектирование и реализация мелкой закрытой дренажной системы	37
4.4    Применение в засушливых районах (пример)	46
4.5    Преимущества мелкого закрытого дренажа	50
Главы 5. РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ	
5.1    Метод комбинирования основного закрытого дренажа и кротовых дрен	55
5.2    Меры предосторожности при использовании кротовых дрен	56
5.3    Себестоимость строительства мелкого закрытого дренажа	57
5.4    Эффективность технологии мелкого закрытого дренажа	58
5.5    Воздействие на окружающую среду территорий расположенных вниз по течению	58
ОГЛАВЛЕНИЕ & СПИСОК АВТОРА	59
ПАРТНЕРЫ	60
Приложение	61

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АФИ	Полив через борозду
СФ	Совет фермеров Узбекистана
ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
ГГМЭ	(Областная) Гидрогеолого-мелиоративная экспедиция
JICA	Японское Агентство международного сотрудничества
JIRCAS	Международный исследовательский центр сельскохозяйственных наук Японии
ССИ	Соглашение о совместных исследованиях
НИИИВП	Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем
TDS	Сухой остаток (общая минерализация)
ТИИМ	Ташкентский Институт ирригации и мелиорации
АПВ	Ассоциация потребителей воды

## ТЕРМИНЫ ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ В РУКОВОДСТВЕ

Уровень грунтовой воды:	Расстояние между поверхностью грунтовой воды и поверхностью почвы
Корневая зона:	Слой почвы, в котором произрастают корни растений для питания почвенной влагой
Инфильтрационные потери:	Неиспользованная вода, которая проникает ниже корневой зоны
Основной закрытый дренаж:	Устойчивая часть дренажа, которая собирает и отводит инфильтрационные воды или грунтовые воды в системе закрытого дренажа
Дренажный коллектор:	Труба для отвода дренажных вод из краевых дрен младшего порядка
Устье дренажной системы:	Устройство, через которое накопленная подповерхностная дренажная вода вытекает в открытый дренажный канал
Фильтрационный материал:	Водопроницаемый материал, который установлен вокруг перфорированной трубы и обеспечивает проникновение воды собранной на поле
Преимущественный поток:	Неравномерный сток воды, проникающий через поры, сформировавшиеся в почве
Разгружающий (дренажный) колодец:	Средство для контроля дренажной воды, расположенное в низовье по течению закрытой дренажной системы
Мелкий закрытый дренаж:	В данном руководстве, это устройство, которое ускоряет отвод инфильтрационных вод или грунтовой воды находящейся в мелкой глубине, через трубу, уложенную на глубине около 1,0 м от поверхности
Краевая (поперечная) дрена:	Это синоним основного закрытого дренажа. Устройство, которое состоит из фильтрационного материала, трубы для поглощения и отвода воды. Оно поглощает инфильтрационную воду или грунтовую воду, через перфорированные отверстия в дренажной трубе, затем передает дренажную воду вниз по течению
Дополнительная (вспомогательная) дрена:	Дрена, которая помогает проходу воды к основному закрытому дренажу, тем самым ускоряет дренирования вод из поверхностного слоя
Влагосодержание:	Соотношение воды к сухому весу почвы

## ВВЕДЕНИЕ

### I. Предпосылки

В 1960-ые годы во времена Советского Союза, крупномасштабные проекты по строительству ирригационных систем были развернуты в Средней Азии, в районах бассейна рек Амударья и Сырдарья, где ранее были степи или пустыни. Такое крупномасштабное развитие позволило заниматься земледелием, в этих областях без самых оптимальных ирригационных средств. Однако, минерализация поливной воды, накопление солей в сельскохозяйственных землях и рост уровня грунтовой воды, возникло в результате расточительного полива и недостаточного дренирования. Поскольку, такой полив все еще используется в некоторых регионах, спустя более 50 лет, засоление стало серьезной проблемой для устойчивого развития сельского хозяйства и продолжает расширяться. Кроме того, в равнинах Центральной Азии, большинство почв содержит естественно высокий уровень минерализации, делая потенциально опасным вторичное засоление, что вызывает большое опасение (Широкова и др. 2006)<sup>1</sup>.

Разные меры, могут быть предприняты для уменьшения засоления, включая водосберегающий полив и улучшение дренажа. Однако, в действительности, единственная практическая мера, которая доступна фермерам, это промывка почвы, эффективность которого ограничена недостаточным дренированием и затвердением почвы вследствие уплотнения почвы от долговременного использования сельскохозяйственных машин.

### II. Цель исследования JIRCAS

С 2008 года по 2012 год JIRCAS провел исследование, которое было сфокусировано на определении методов, которыми фермеры смогли бы минимизировать вторичное засоление в Сырдарьинской области Узбекистана. По результатам исследований, JIRCAS разработал Руководство ***“Меры по минимизации засоленности сельскохозяйственных земель, при условиях высоких грунтовых вод”*** в 2013 году, которое было распространено в областях Узбекистана, которые наиболее подвергнуты засолению, а также опубликовал его на веб-сайте JIRCAS.

([http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/salinization/Rus\\_index.html](http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/salinization/Rus_index.html))

Также в 2013 году, JIRCAS инициировал новый проект, который был направлен на разработку не дорогой технологии дренажа для улучшения эффективности промывки поля. С точки зрения применения и распространения государственными служащими, ассоциациями потребителей воды (АПВ) и фермерами, чрезвычайно важно, чтобы технология была доступной. Первая цель исследования состояла в том, чтобы идентифицировать эффективную, дешевую технологию, которая могла улучшить водопроницаемость сельскохозяйственных земель. Одна из эффективных технологий для улучшения водопроницаемости почвы является использованием закрытого дренажа. Однако, применение существующего метода имеет высокую себестоимость вследствие затрат на покупку дренажных труб и их укладки. Поэтому, JIRCAS предложил внедрение закрытого дренажа, который будет построен с применением специального тракторного агрегата, что, как предполагали, снизить себестоимость. Кроме того, JIRCAS попытался выявить его эффективность на участке, окруженном дренажными каналами (глубиной около 3 м), которые могут заблокировать влияние прилегающих полей (дренажный блок), так как меры, проводимые на данном участке поля, могут быть подвержены влиянию полива на соседнем поле.

Другая главная цель проекта это составление технического руководства на основе полученных результатов.

Цели технического руководства и исследования:

- Целевые области:  
орошаемые земли и дренажные блоки в засушливых или полусушливых регионах
- Целевые группы:  
Сотрудники государственных учреждений, АПВ, фермеры
- Проектная область:  
Сырдарьинская область, Узбекистан  
Мирзабадский район (АПВ Ахмедов, АПВ Янгиабд)  
Акалтынский район (АПВ Бабур)



Рис. 1 Местоположение проектной области

Данное техническое руководство разработано на основе результатов научно-исследовательской деятельности (с 2013г. по 2017г.), которая была профинансирована Министерством сельского хозяйства, лесоводства и рыболовства Японии. Чтобы улучшить это техническое руководство, JIRCAS продолжает свои изучения и исследования до 2018 г. и планирует доработать его используя полученные результаты.

### III. Как использовать это руководство

Основная цель технического руководства состоит в том, чтобы предоставить информацию сотрудникам государственных учреждений, АПВ и фермерам о технологии мелкого закрытого дренажа, которая развивалась как одна из кротодренажных технологий в Японии («Cut-drain»). Данные были получены путем экспериментальных исследований при условиях высокого риска накопления солей. Также, чтобы способствовать лучшему пониманию вторичного засоления, описаны механизм, мер по уменьшению и методы контроля засоления.

В Главе 1 описаны отрицательное влияние и механизм засоления. А в Главе 2, описаны общие меры по уменьшению засоления, определены и обсуждены методы предотвращения и минимизации засоления. Далее на основе исследований JIRCAS, обсуждены причины, последствия и контроль засоления (в Главе 3), эффективность, релевантность и функционирование мелкого закрытого дренажа (в Главе 4); и в Главе 5, описаны Резюме и несколько рекомендации о мелком закрытом дренаже.

### ССЫЛКИ

- 1) Ю.И. Широкова и А.Н. Морозов (2006): “Засоленность орошаемых земель Узбекистана: причины и состояние сейчас” Спрингер, Сабха Экосистем Том II: Западная и Средняя Азия, 249-259.

# Глава 1

## ЗАСОЛЕНИЕ

### 1.1 Что такое засоление?

Засоление – это накопление солей в корневой зоне почвы, которая ведет к сокращению урожайности, за счет препятствования растениям поглотить достаточное количество влаги. Когда засоление наносит ущерб почве, появляются предупредительные знаки, такие как больные или умирающие деревья, уменьшение урожайности и часто колонизация солеустойчивыми сорняками. Засоление сокращает производительность зерновых культур, лишая возможности ведения устойчивого сельского хозяйства, и также затрагивая состояние воды в реках и ручьях, иногда делая воду, слишком соленой для питья людьми и животными. Кроме того такое воздействие может распространиться вниз по течению из источника минерализованной воды. Засоление - одно из причин деградации сельскохозяйственных земель и без соответствующих мер по его уменьшению, оно приведет к серьезному ухудшению почвы и земля будет заброшена.



Рис. 1.1.13 засоление

Засоление происходит из-за накопления солей в почве и поэтому меры по приостановлению процесса накопления или удаление солей будут эффективными.

Накопление солей может быть разделено на два типа, первичное засоление, происходящее естественно (например, в засоленных озерах, соленой яме, засоленных болотах и соленых равнинах) и вторичное засоление, впоследствии деятельности человека, обычно связанное с освоением земель и сельскохозяйственной деятельностью.

Это техническое руководство обращено к вторичному засолению, потому что этот тип непосредственно связан с поливом в сельском хозяйстве, особенно в засушливых и полузасушливых областях.

В Центральной Азии засоление вследствие орошаемого сельского хозяйства является серьезной проблемой, в том числе и в Узбекистане, где все еще выращивают хлопчатник и пшеницу по государственному заказу. В данном регионе применяется поверхностный полив на больших земельных участках с низкой эффективностью. Поэтому почти 40 % орошаемых сельхозугодий подвержены засолению.

(Таблица 1.1.1).

Таблица 1.1.1 Засоленность земель в Средней Азии

Страна	Орошаемая площадь (га)	Площадь подверженная засолению	
		(га)	(%)
Узбекистан	4 198 000	2 141 000	51
Киргизстан	1 021 400	49 503	5
Таджикистан	742 051	23 235	3
Казахстан	2 065 900	404 300	20
Туркмения	1 990 800	1 353 744	68
Средняя Азия	10 018 151	3 971 782	39,6

Источник: Орошение в Средней Азии в цифрах (ФАО 2013 г. Отчет о воде 39 ст.68)

## 1.2 Механизм засоления

Накопление солей, связанное с орошаемым земледелием в основном вызвано двумя факторами. Одним из них является привнесение соли поливной водой. Вторым – чрезвычайно высокий уровень соленых грунтовых вод, вызванный излишним орошением и плохой системой дренажа.

Полив изменяет естественный водный баланс, так как большие объемы поливной воды полностью не используются посевной культурой, и происходит инфильтрация в нижние слои почвы. Максимальная



Рис. 1.2.1 Причина накопления солей

достижимая эффективность полива составляет около 70 % и фактическая эффективность обычно - меньше 60 %. Это означает, что минимум 30 % поливной воды, а фактически более 40 % не используются посевной культурой и большая часть этого избытка воды накапливается в почве, а это может значительно изменить естественную гидрологию местных водоносных слоев. Кроме того, многие водоносные слои не могут поглотить или переправлять эту воду и горизонт грунтовых вод часто повышается близко к поверхности почвы, из-за этого происходят такие явления известные как "затопление" или "капиллярный подъем".

В большинстве почв, когда уровень грунтовой воды близко расположен к поверхности почвы, влажность почвы движется к корневой зоне за счет капиллярного подъема, и если вода засоленная, то становится источником засоления. Степень накопления солей в почвах с высоким уровнем грунтовой воды, зависит от водопользования, глубины горизонта грунтовых вод, типа почвы и климатических условий.

Заболачивание вызванное высоким уровнем грунтовых вод создает следующие проблемы:

### 1) Заболачивание

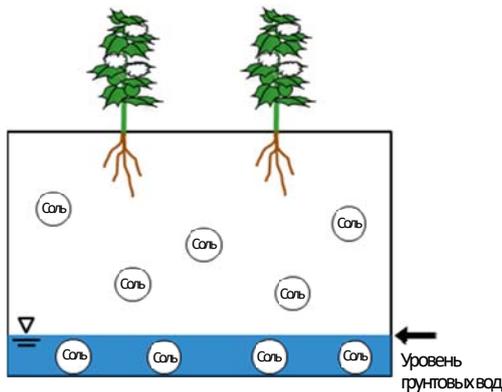
Заболачивание является последствием насыщенности почвы водой заоплением или подъемом горизонта грунтовых вод. Положение сельскохозяйственных земель рассматривается как заболоченное, когда уровень грунтовых вод слишком высокий для земледелия, что снижает урожайность, затрудняет использование сельскохозяйственного оборудования и уплотняет подпочву.

Заболачивание пагубно влияет на сельское хозяйство по следующим причинам:

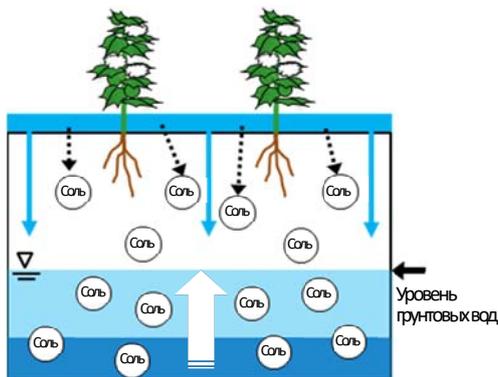
- сокращает кислород необходимый в корневой зоне
- ускоряет засоление вследствие капиллярного подъема минерализованной грунтовой воды
- сокращает эффективность промывки поля.

### 2) Капиллярный подъём

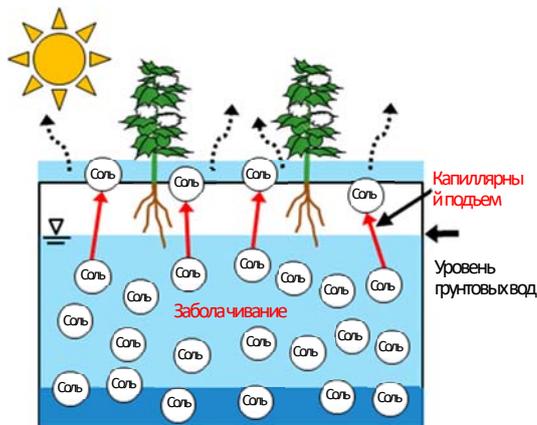
Капиллярный подъём- это подъем влажности почвы без избыточного давления. Он отличается в зависимости от физических свойств почвы. Когда уровень грунтовой воды поднимается близко к поверхности почвы, влажность почвы движется вместе с содержащими солями от грунтовой воды к поверхности почвы за счет капиллярного подъема, и в последующем соли остаются в корневой зоне после испарения (Рис. 1.2.2).



В Средней Азии уровень засоленности почвы, поливных и грунтовых вод относительно высок.



Излишнее орошение и плохое дренирование вызывает повышения уровня грунтовых вод, и поступление солей в поливной воде увеличивает минерализацию грунтовой воды и верхнего слоя почвы.



Когда повышается уровень грунтовых вод, верхний слой почвы будет насыщен за счет капиллярного подъема. Уровень грунтовых вод переместится к поверхности поля и грунтовая вода испарится, оставив соль.

Рис. 1.2.2 Процесс накопления солей

### 1.3 Классификация засоления

Перед началом применения мер по уменьшению засоления нужно определить уровень засоления. Основными показателями засоленности являются электропроводность (ЕС) и плотный остаток (TDS), которые широко применяются.

#### 1) Электропроводность

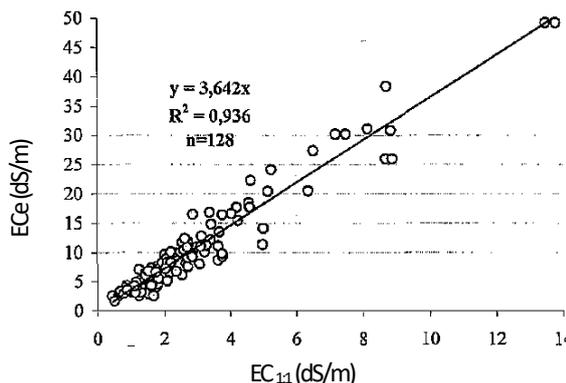
ЕС это способность проводимости электрического тока в водном растворе, и чем больше электроэнергии может пройти через солёный раствор, тем выше электрическая проводимость. ЕС измеряется в dS/m (децисименс/метр),  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (микросименс/сантиметр).

Таблицы 1.3.1 Типы электрической проводимости

Тип	Метод измерения
EC <sub>w</sub>	Электрическая проводимость воды
EC <sub>sw</sub>	Электрическая проводимость почвенной воды
EC <sub>e</sub>	Электрическая проводимость экстракта пасты насыщенной почвы
EC <sub>1:1</sub>	Электрическая проводимость экстракта (суспензии) смеси 1-ой части (по весу, например в граммах) почвы высушенной в воздухе с 1-ой частью (по объему, например в миллилитрах) дистиллированной воды
EC <sub>1:5</sub>	Электрическая проводимость экстракта смеси 1-ой части (по весу, например в граммах) высушенной на воздухе почвы с 5-ю частями (по объему, например в миллилитрах) дистиллированной воды

**Преобразование от EC<sub>1:1</sub> до EC<sub>e</sub>**

в Узбекистане широко используется EC<sub>1:1</sub>, но для оценки засоленности почвы обычно используют EC<sub>e</sub>. Чтобы составить формулу преобразования этих двух мер Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (НИИИВП) проанализировал почвенные образцы из Сырдарьинской, Джизакской, Хорезмской и Сурхандарьинской областях и Республики Каракалпакстан Узбекистана. На основе их исследований был рассчитан средний коэффициент преобразования EC<sub>1:1</sub> в EC<sub>e</sub>, и на практике используется следующая формула  $EC_e = 3.64 \times EC_{1:1}$  (Рис. 1.3.1).



Источник: Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Узбекистан

Рис. 1.3.1 Преобразование EC<sub>1:1</sub> в EC<sub>e</sub>

Самый практический показатель засоленности это EC<sub>sw</sub>, так как показывает засоленность воды в почве. Для этого нужен специальный инструмент (например, вакуумный пробоотборник почвенной влаги), чтобы извлекать образцы почвенной воды. Обычно, вместо этого, часто используют EC<sub>1:1</sub> и EC<sub>1:5</sub>, чтобы измерить и сравнить засоленность почвы, так как эти методы могут быть применены быстро к влажным или к сухим почвам, а почвенные образцы, собранные в поле, могут быть проанализированы позже в лаборатории.

2) Сухой остаток (общая минерализация)

Сухой остаток (TDS) представляет концентрацию частиц растворенных в воде. Измеряется взвешиванием веса единицы объема, в единицах г/л (грамм/литр), мг/л (миллиграмм/литр), ppm (миллионная доля).

Эти вещества включают карбонаты, бикарбонаты, хлориды, сульфаты, кальций, магний, натрий, органические ионы и другие ионы и т.д. Обычно, минералы, растворенные в воде, находятся в ионном состоянии. Ионы – электрически заряженные частицы, через которые проходит электрический поток, а также возможно измерить общую сумму растворенных частиц по силе электрического потока проходящего через водный раствор.

3) Классификация засоленности воды

В мире существуют различные водные условия. Например, EC<sub>w</sub> морской воды составляет 50,00 dS/m. А максимально допустимый уровень для питьевой воды составляет - 0.83 dS/m, тогда как, предельным уровнем для крупного рогатого скота является - 10.00 dS/m (Таблица 1.3.2).

Таблица 1.3.2 Уровни солености воды

Источник/Использование	ECw (dS/m)
Дистиллированная вода	0.00
Желаемый уровень питьевой воды для человека	0.83
Абсолютный уровень питьевой воды для человека	2.50
Предел для смешивания спреев от насекомых	4.69
Предел для домашних птиц	5.80
Предел для свиней	6.60
Предел для молочного скота	10.00
Предел для лошадей	11.60
Предел для крупного рогатого скота	16.60
Предел для взрослых овец на сухом корме	23.00
Самые высокие показатели подземных вод вForbes*	24.00
Морская вода	50.00
Мёртвое море	555.00

Источник: Taylor 1993г.\* Nicholson & Woodridge 2003г.

Основная классификация солености воды по ЕС представлена в Таблице 1.3.3.

Таблицы 1.3.3 Уровень солености воды

Уровень солености	ECw (dS/m)
Несоленая вода	<0.7
Соленая вода	0.7-42.0
Слабосоленая	0.7-3.0
Умеренно соленая	3.0-6.0
С высоким содержанием солей	>6.0
Чрезвычайно соленая	>14.0
Солевой раствор	>42.0

Источник: Руководство по технике орошения (ФАО 2007г.)

#### 4) Классификация засоленной почвы

Почвы подверженные засолению классифицируются засоленные или осолонцеванные почвы в зависимости от количества и состава солей, которые содержат (Таблица 3.1.4). Засоленная почва характеризуется высокими уровнями содержания растворимых солей, она также известна как почва, где накапливаются соли, а осолонцевания почва характеризуется избыточным уровнем адсорбированных ионов натрия (содержания обменного натрия в процентах, ESP). Тем временем солено-осолонцеванная почва обладает свойствами и солончака и осолонцеванной почвы. Почвы засушливых регионов богаты хлорам (например хлористый кальций хлорид магния и натрий хлорид), а также карбонатами и солями серной кислоты. рН экстракта насыщенной почвы (рНе) полученный после корректировки почвенной пасты слабо щелочной (рН от 7 до 8). Когда содержания соли карбоната натрия (например, двууглекислая сода или карбонат натрия) находится на высоком уровне почва, рНе может превысить 8,5. В соленой почве высокая засоленность почвенного раствора задерживает рост, препятствуя поглощению воды растением. Кроме того, когда ESP осолонцеванной почвы превышает 15 % физические свойства почвы ухудшаются, вследствие разрушения структуры почвы подавляются питательное поглощение и связанность рыхлой почвы теряются из-за высокого рН. Вместе с тем, эти эффекты ухудшают почвенную среду и приводят к значительной задержке роста урожая.

Таким образом, причины, последствия и методы предотвращения и улучшения почв, подверженных засолению значительно различаются. В связи с этим, необходимо узнать состояние и причину засоления, чтобы определить соответствующую стратегию ухода за почвой.

Пригодность контрмер против засоления, также зависит от типа засоления почвы, поэтому, сначала необходимо классифицировать почву, до применения этих мер. Например, промывка эффективно для засоленных почв, но для оцолонцованных почвах необходимо добавить кальций, чтобы улучшить пропускающую способность почвы.

Таблица 1.3.4 Классификация засоленных почв

Класс Солености почвы	pHe	ECe (dS/m)	SAR	ESP (%)
Засоленная почва	<8,5	>4,0	<13	<15
Солонцовая почва	>8,5	<4,0	>13	>15
Засоленно-солонцовая почва	<8,5	>4,0	>13	>15

pHe: pH насыщенной почвенной пасты.

ECe: электрическая проводимость насыщенной почвенной пасты.

SAR: коэффициент адсорбции натрия, выраженный в meq/L, mmolc/L или mmol/L.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}} \quad , \quad SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{2+}+Mg^{2+}}} \quad (mmol/L)$$

ESP: процент обменного натрия.

$$ESP = \frac{exNa}{CEC} \times 100\%$$

где exNa - обменный натрий и CEC - потенциал катионного обмена или

$$ESP = 100\% \times \frac{(-0.0126 + 0.01475 \times SAR)}{\{1 + (-0.0126 + 0.01475 \times SAR)\}}$$

по USSL (1954) и другие.

Почва подверженная засолению (Таблица 1.3.4) классифицируются на основе pHe и ECe (Рис. 1.3.2).

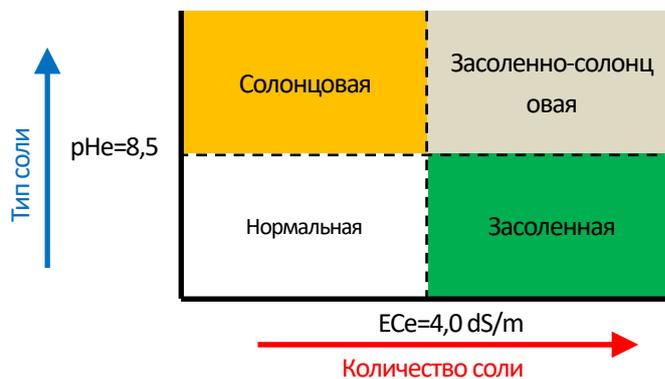


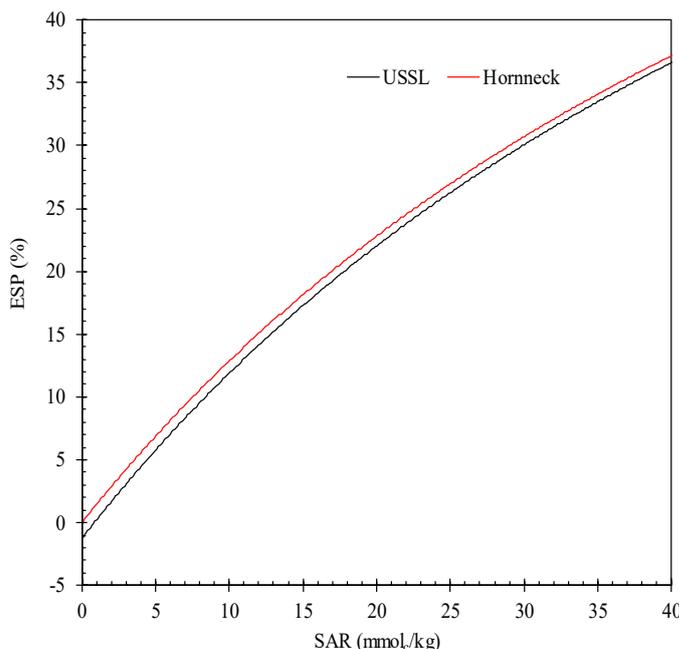
Рис. 1.3.2. Классификация засоленных почв, на основе pHe и ECe

### Вычисление EPS на основе SAR

Формула вычисления Хорннека (Hornneck) и др. (2007), показанная далее, является упрощенной формулой вычисления USSL.

$$ESP = \frac{1.475 \times SAR}{\{1 + (0.0147 \times SAR)\}}$$

При сравнении результатов вычисления двумя способами почти нет никакого различия, была оценена формула вычисления USSL, выявлено соотношение между ESP и SAR на основе экспериментально полученных результатов.



SAR	ОСОБЕННО	
	USSL	Hornneck
0,1	-1,12502	0,147283
0,2	-0,944	0,2413
0,3	-0,8242	0,440557
0,4	0,67452	0,586551
0,5	-0,52524	0,732119
0,6	-0,37641	0,877263
0,7	-0,22802	1,021984
0,8	-0,08006	1,166284
0,83	-0,03576	1,20943
0,84	-0,021	1,223887
0,85	-0,00625	1,238278
0,86	0,008499	1,252664
0,87	0,023245	1,267046
0,9	0,067454	1,310166
1,0	0,214539	1,453632

Основной уровень засоленности почвы почвой EC показывают в Таблице 1.3.5

Таблицы 1.3.5 Уровень засоленности почвы по показателю EC

Степень засоленности почвы	ECe (dS/m)	EC <sub>1:1</sub> (dS/m)	EC <sub>1:5</sub> (dS/m)		Влияние на растения
			Суглинок	Тяжелая Глина	
Незасоленная	<2	<0.6	<0.2	<0.2	Незначительное влияние
Слабозасоленная	2-4	0.61-1.15	0.2-0.3	0.2-0.4	Урожаи чувствительных культур могут быть уменьшены
Умеренно засоленная	4-8	1.16-2.30	0.4-0.7	0.5-0.9	Урожаи многих культур уменьшаются
Сильно засоленная	8-16	2.31-4.70	0.8-1.5	1.0-1.8	Урожаи солеустойчивых культур бывают удовлетворительное количество
Очень сильнозасоленная	>16	>4.70	>1.5	>1.8	Урожаи очень солеустойчивых культур бывают удовлетворительное количество

Источник:

- (а) Основано на категориях Мин. Сельхоза США1954: использовано CSIRO Организацией стран Британского содружества по научным и промышленным исследованиям в Канберре и Австралии, и т.д.
- (б) Единицы, используемые в Западной Австралии
- (в) Грунтовые воды в приделах корневой зоны растений. Пригодность для выращивания деревьев.
- (г) От Д. Бенедетта и Р. Джорджа, DAWA Bunbury.
- (д) Поливная вода, использованная в лизиметрах для испытаний [http://www.agric.wa.gov.au/content/lwe/salin/smeas/salinity\\_units.htm](http://www.agric.wa.gov.au/content/lwe/salin/smeas/salinity_units.htm)
- (е) Почвы под влиянием соли и управление ими (ФАО, 1998)

## 5) Солеустойчивость культур

Избыток солей в почве вызывает слабый рост культур, неравномерность, задержку роста; плохой урожай в зависимости от степени засоленности; корневой зоне присутствует меньше доступной растениям воды, из-за осмотического давления солёного почвенного раствора. Однако, культуры проявляют разную степень устойчивости избытку солей Таблица 1.3.6 показывает процент снижения урожайности.

Таблица 1.3.4 Солеустойчивость разных культур

Культуры	Засоленность								
	0%		10%		25%		50%		МАКС
	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe
Ячмень <sup>4)</sup>	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7	18,0	12,0	28,0
Хлопок ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0	27,0
Сахарная свекла <sup>5)</sup> ( <i>Beta vulgaris</i> )	7,0	4,7	8,7	5,8	11,0	7,5	15,0	10,0	24,0
Пшеница <sup>4)5)</sup> ( <i>Triticum aestivum</i> )	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4	13,0	8,7	20,0
Сафлор ( <i>Carthagen tinctorius</i> )	5,3	3,5	6,2	4,1	7,6	5,0	9,9	6,6	14,5
Соя ( <i>Глицин тоф</i> )	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,0	10,0
Сорго ( <i>Sorgho bicolor</i> )	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,2	18,0
Арахис ( <i>Арахис hypogaea</i> )	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3	6,5
Рис ( <i>Oryza sativa</i> )	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11,5
Зерно ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Фасоль ( <i>Vicia faba</i> )	1,6	1,1	2,6	1,8	4,2	2,0	6,8	4,5	12,0
Винная (Vigna sinensis)	1,3	0,9	2,0	1,3	3,1	2,1	4,9	3,2	8,5
Бобы ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,5
Свекла <sup>5)</sup> ( <i>Beta vulgaris</i> )	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15,0
Брокколи ( <i>Капустные оleracea italica</i> )	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	13,5
Помидор ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	12,5
Огурец ( <i>Cucumis sativus</i> )	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10,0
Мускусная дыня ( <i>Cucumis melo</i> )	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16,0
Шпинат ( <i>Spinacia oleracea</i> )	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15,0
Капуста ( <i>Капустные оleracea capitata</i> )	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12,0
Картофель ( <i>Paslen tuberosum</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Сахарная кукуруза ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Батат ( <i>батат Ipomea</i> )	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	10,5
Перец ( <i>Стручковый перец frutescens</i> )	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,5
Салат ( <i>Lactuca sativa</i> )	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	9,0
Редька ( <i>Raphanus sativus</i> )	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1	5,0	3,4	9,0
Лук ( <i>Allium cepa</i> )	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,5
Морковь ( <i>Daucus carota</i> )	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8,0
Бобы ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,5

### Сноски

- 1) ECe означает электропроводность насыщенного экстракта из почвы в mS/cm (миллисименс) на сантиметр (mS/cm) при температуре 25 ° C
- 2) ECw означает, электропроводность оросительной воды в mS/cm (миллисименс) на сантиметр (mS/cm) при температуре 25 ° C. При этом предполагаемая, доля выщелачивания (дополнительное количество оросительной воды - «промывная доля») должна составлять около 15-20 %, а средняя засоленность почвенной влаги рассмотрен урожая примерно в три раза больше, чем поливной воды прикладной (ECsw = 3 ECw) и примерно в два раза, больше, чем экстракт из насыщенной почвы (ECsw = 2 ECe). Исходя из вышеизложенного, ECe = 3/2 ECw. Новые таблицы толерантности культуры для ECw могут быть подготовлены для условий, которые существенно отличаются от тех, которые предполагается в Руководстве. Ниже приведены приблизительно соотношений между ECe и ECw для различных долей промывного режима (выщелачивания) leaching fraction : LF = 10 (ECe = 2 ECw), при LF = 30% (ECe = 1:1 ECw) и LF = 40% (ECe 0,9 ECw).
- 3) Максимальная ECe означает максимальную электропроводность экстракта из насыщенной почвы, которую могут выдержать перечисленные культуры: предел снижения почвенной влаги для удовлетворения потребности транспирации. При этой засоленности, культура погибает (100% снижение урожая) за счет осмотического эффекта и снижения водообеспеченности культуры до нуля
- 4) Ячмень и пшеница менее солевыносливы во время прорастания семян и всходов. ECe не должна превышать 4 или 5 мкСм/м (mS/cm, дс/м).
- 5) Чувствительная во время прорастания. ECe не должна превышать 3 мкСм/см для садовой и сахарной свеклы.
- 6) Данные о толерантности не могут применяться к новым полу-карликовым сортам пшеницы.
- 7) Среднее значение для разновидностей бермудской травы. Сознни и Коастэл на 20% более переносят засоленность.
- 8) Среднее значение для Бурга, Йилман, Сэнда, и разновидностей випинга. Лехман примерно на 50% более терпим.
- 9) Широколиственный лядвенцевый трилистник кажется менее выносливым, чем узколиственный.

**Источник:** Информация сообщена Маасом и Хоффманом (1977) и Массом (1984); Бернштейном (1964) и комитетом консультантов Калифорнийского Университета (1974).

## Глава 2

### ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И УЛУШЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ

#### 2.1 Профилактические меры

Существует две основные причины вторичного засоления, которое является результатом неправильных действий в орошении сельскохозяйственных земель. Первой причиной является поступление солей, которые содержатся в поливной воде, а второй является высокое залегание минерализованных грунтовых вод, которые способствуют капиллярному подъему солей. Для предотвращения засоления необходимо ограничить и поступление солей и подъем уровня грунтовой воды.

Здесь рассмотрены типичные профилактические меры против засоления введены:

##### 1) Полив

Полив не может быть абсолютно эффективным, так как определённая часть всегда воды расходуется на фильтрационные потери в каналах или в почве. Фильтрационные потери способствуют подъему уровня грунтовой воды и мелкое залегание грунтовой воды опасно потому, что они могут вернуть соли к корневой зоне. Поэтому, нужно строго контролировать потери поливной воды и уровень грунтовой воды.

В Средней Азии спустя более 20 лет после независимости от Советского Союза, все еще используется обширный бороздковый полив, несмотря на его низкую эффективность. Можно часто встретить чрезмерный полив, который приводит к росту засоленности почвы. Поэтому, более эффективные технологии полива, такие как капельное орошение и дождевание должны быть внедрены. Однако для этого требуется первоначальные инвестиции, что является трудным вопросом для многих фермеров. В таких условиях могут быть использованы различные модификации бороздкового полива для сберегающего полива.

##### ● Полив через борозду (AFI)

AFI основывается (Рис. 2.1.1; 1988 ФАО) <sup>1)</sup> на том, что две грядки растений могут быть орошены используя одну борозду. Преимущество AFI состоит в том, что сокращается объем применяемой воды и уменьшаются фильтрационные потери от неорошаемой борозды и бокового потока. По Митчеллу и др. (1993) <sup>2)</sup> AFI использует только 50 % воды от нормы бороздкового полива.

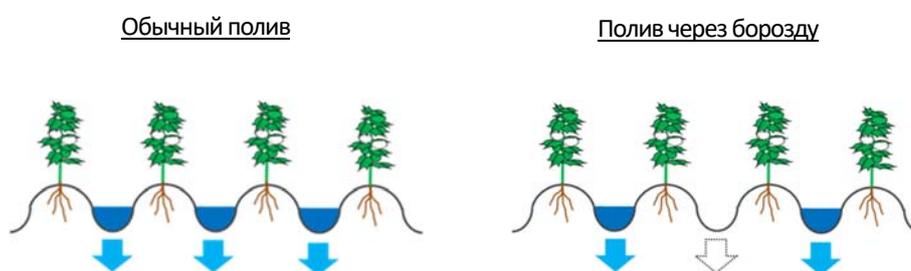


Рис. 2.1.1 Концептуальная схема полива через борозду

Экспериментальный полив по методу полива через борозду (AFI)

Для прояснения водосберегающего эффекта метода полива через борозду (AFI), сравнительный экспериментальный полив проводился на поле в Сырдарьинской области. На экспериментальной площади (155 м<sup>2</sup>), с длиной борозды 50 м и шириной междурядья 3,1 м, полив проводился обычным способом по бороздам (традиционным) и методом AFI. В ходе эксперимента было измерено количество оросительной воды и измеряли урожайность хлопка. Результаты показали, что метод AFI снизил объем оросительной воды на 48%, и, хотя статистически значимой разницы не наблюдается, урожайность хлопка увеличилась примерно на 11%.



Fig. 2.1.2 AFI method

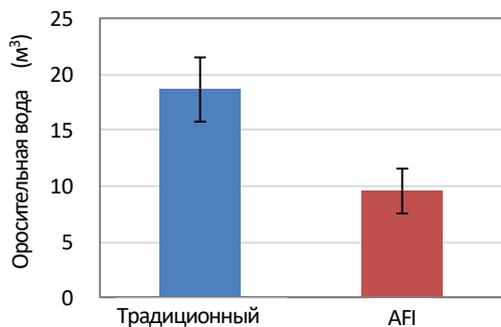


Рис. 2.1.3 Объем оросительной воды

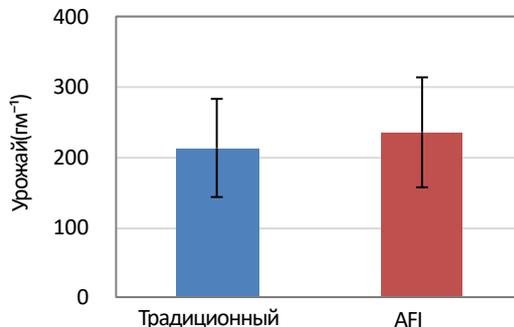


Рис. 2.1.4 Урожай хлопка

● Поливы дискретными потоками

Метод дискретного потока подразумевает орошение периодическими потоками, а не непрерывно. Преимущество этого метода состоит в том, что он уменьшает инфильтрационную потерю, за счет сокращения водопроницаемости почвы, которая достигается циклическим поливом. Вода во время второго такта полива проходит быстрее, чем из первого такта полива, так как во время первого такта сокращается водопроницаемость почвы. На больших полях полив производится несколько раз в зависимости от длины борозды. (Рис. 2.1.2). Сокращение инфильтрации воды вызвано четырьмя физическими процессами: консолидация, вследствие перемещения частицы почвы и переориентации; захвата воздуха; перераспределение воды; и сглаживание борозды (Алан Р. Митчелл и др. 1994)<sup>3</sup>.

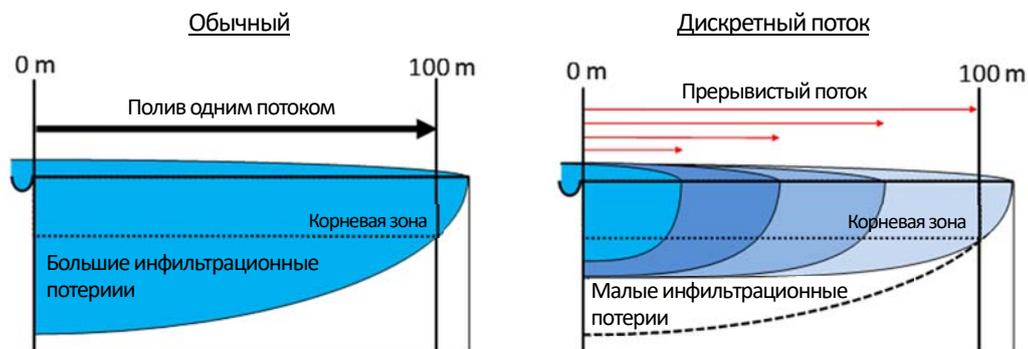


Рис. 2.1.5 Концептуальная схема дискретного полива

#### Упрощенный метод дискретного полива

Для экономии воды при поливе по бороздам, был разработан метод, который может быть легко принят фермерами, это упрощенный метод полива по переменным расходам воды (далее – «упрощенный ДП»), который представляет собой упрощенную версию стандартного метода дискретного полива (именуемый в дальнейшем «ДП»). При ДП вода подается переменными потоками, примерно в 4 раза с помощью трубопроводов и клапанов. С другой стороны, при упрощенном ДП вода подается обычным бороздочным поливом (традиционным методом) делится на два.

В сравнительном эксперименте между обычным бороздочным поливом и методом упрощенного ДП на 100 м борозде (угол наклона: 1/800) на поля в Сырдарьинской области, скорость потока воды второй водоподачи при упрощенном ДП увеличивается, а общая продолжительность добегающей поливной воды до конца борозды (время полива) было 6026 секунд (около 100 минут); На 742 секунд (около 13 минут) короче, чем у обычного метода полива, время которого было 6768 секунд (около 113 минут). Таким образом, эти результаты показали, что Упрощенный ДП может уменьшить количество воды, поступающей в борозду, на 11%.

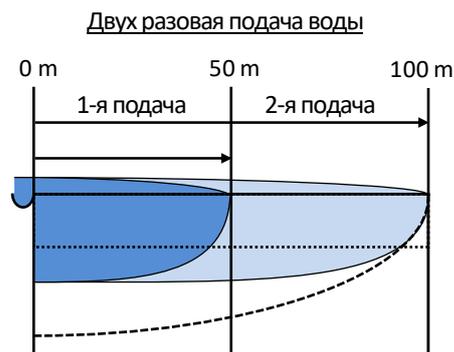


Рис. 2.1.6 Упрощенный метод дискретного полива



Рис. 2.1.7 Первая подача (медленно)



Рис. 2.1.8 Вторая подача (быстро)

#### ● Полив по бороздам переменным расходам

На полях с уклоном в конце пивной борозды много воды теряется из-за избытка, и эта потеря может достигать до 30 процентов потока, даже при хороших условиях. Поэтому, чтобы удалить эту избыточную воду, нужен мелкий дренаж в конце поля. Без такого дренажа есть вероятность, что растения могут быть повреждены из-за заболачивания. Полив по бороздам переменным расходам предотвращает избыточную воду, сокращая расход поливной воды, как только поливная вода достигает конца борозды (ФАО 1988) <sup>1)</sup>.

## 2) Дренаж

Независимо от того, поступает ли вода сельхоз поля поливом или осадками, вода проникает в почву и сохраняется в порах почвы. Когда все поры заполнены, почва считается насыщенной влагой, при дальнейшем поливе вода не будет поглощена почвой, и будут образовываться лужи на поверхности почвы.

Долгосрочное насыщение верхнего слоя почвы вредно для роста растений, так как для корней растений необходим как воздух, так и вода. Большинство растений не могут противостоять насыщенной почве в течение длительного периода (за исключением риса; ФАО 1985)<sup>4)</sup>. Также трудно использовать сельхоз машины на чрезмерно влажных полях. Кроме того, избыточная вода вызванная инфильтрацией из оросителей и наводнением, и движение воды из насыщенного слоя почвы в нижний слой, подпитывают запасы грунтовой воды, которые в свою очередь, способствуют росту уровня грунтовой воды. Таким образом, в результате сильного ливня или непрерывного избыточного орошения, уровень грунтовой воды может достигнуть насыщения почвы в корневой зоне, происходит капиллярный подъем и заболачивание. Поэтому, необходимо удалить избыток воды из поверхности почвы и корневой зоны.

В засушливых и полусушливых климатических условиях, засоление происходит, когда уровень грунтовой воды не поддерживается на безопасной глубине (обычно, по крайней мере, на глубине от 1,5 до 2,0 метров). Когда дренаж соответствующий, то засоление зависит от водопользования и качества воды. Поэтому, эффективный контроль засоленности должен включать соответствующий дренаж, чтобы контролировать и стабилизировать уровень грунтовой воды.

- Открытый дренаж (поверхностный дренаж)

Поверхностный дренаж обычно состоит из мелких дрен, которые удаляют избыток воды из почвы, сбрасывают воду в более крупный и более глубокий коллектор. Чтобы способствовать потоку избыточных вод в дрена, поверхностью поля придают искусственный наклон планировкой.

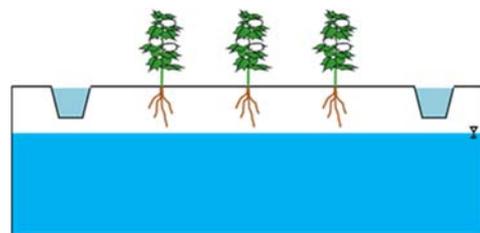


Рис. 2.1.9 Поверхностный дренаж

- Закрытый дренаж

Основная цель закрытого дренажа состоит в том, чтобы удалить избыток воды из корневой зоны и поддержать более низкий уровень грунтовой воды. Для этого обычно используют глубокий открытый дренаж или заглубленные дренажные трубы.

- Глубокий открытый дренаж

Избыток воды из корневой зоны вытекает в глубокие открытые траншеи (Рис. 2.1.4). Недостаток глубокого открытого дренажа в том, что траншеи занимают большую площадь сельхоз земель и для его строительства необходима дорогая строительная техника. Кроме того, при

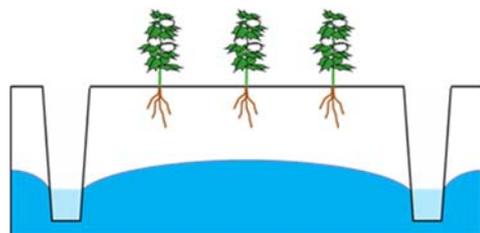


Рис. 2.1.10 Глубоко открывает дренаж

строительстве глубоких траншей, также требует строительства многочисленных мостов и установку водопропускных труб для дорог и доступа к полям, и расходы на содержания (контроль сорняков, ремонт и т.д.).

➤ **Заглубленные дренажные трубы**

Трубы, перфорированные многими маленькими отверстиями, заглубляются ниже поверхности поля и чрезмерная почвенная вода поступает в трубы сбрасываются дренажные коллектора (Рис. 2.1.5). Дренажные трубы сделаны из глины, бетона или пластмассы обычно устанавливаются в траншеях, используя специальные машины. Глиняные и бетонные трубы обычно 30 см в длину и 5-10 см в диаметре, а гибкие пластмассовые трубы обычно намного длиннее до 200 м. В отличие от открытого дренажа, заглубленные трубы не сокращают часть поля доступной для земледелия и не требуют частых расходов на обслуживания. Однако строительные затраты могут быть выше, из-за стоимости материалов, машины и квалифицированной рабочей силы.

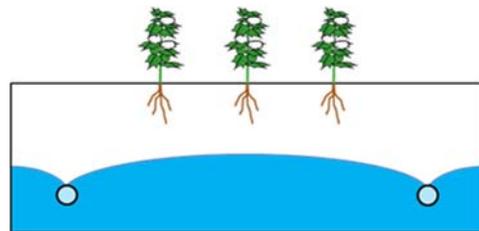


Рис. 2.1.11 Трубный дренаж

● **Вертикальный дренаж**

Вертикальный дренаж используется, чтобы понизить уровень грунтовой воды, для этого строится скважина до слоя почвы с высокой проницаемостью и откачивается глубокая грунтовая вода.

Вертикальный дренаж в Узбекистане

В Узбекистане первые вертикальные дренажные сооружения были построены в 1960-ые годы и их количество достигло максимума в середине 1990-ых. С тех пор они были недостаточно обновлены и поддержаны, количество сооружений и операционные часы работ уменьшаются. Однако, вертикальный дренаж, все еще используется для понижения уровня грунтовой воды (Окуда 2015)<sup>5</sup>.



Рис. 2.1.12 Вертикальное средство дренажа

● **Биодренаж**

Древесные породы, обладающие высокой транспирационной способностью, могут быть посажены вдоль каналов на полях, они поглощают большое количество почвенной влаги, в результате чего происходит понижение уровня грунтовых вод. Деревья также служат для ветрозащиты.

### 3) Выравнивание земли (планировка)

Шероховатости полей могут быть из-за неровности первоначального рельефа местности, а также результатом ежегодных полевых работ фермера. Они оказывают отрицательное влияние при возделывании земли, например неравномерное прорастание. Поэтому планировка земли должно стать регулярной сельскохозяйственной операцией.

При обычной планировке, чтобы достигнуть приемлемой плоскостности операторы трактора должны менять и постоянно корректировать позицию грейдера согласно топографии поля.

Поэтому выравнивание может потребовать большой объем работы в зависимости от опыта фермера или оператора. Однако, при использовании лазерного планировщика, корректировка грейдера будет автоматизирована лазерным устройством, которое позволяет выравнивать поверхность поля в пределах 5 см точности заданного уклона, без привлечения опытного оператора.



Рис. 2.1.13 Лазерная планировка

Лазерная система состоит из следующих компонентов:

- Лазерный передатчик, который выпускает лазерный пучок, для поддержания горизонтальной плоскости, диаметр которой может значительно различаться от нескольких метров до километра в зависимости от особенностей используемого устройства
- Приемник лазерных лучей, который получает излучение от лазерного передатчика и затем преобразовывает в электрический сигнал для доставки на пульт управления
- Пульт управления, который преобразовывает электрические сигналы, полученные от лазерного приемника. Панель показывает местоположение (выше или ниже) для нахождения надлежащую горизонтальную плоскость.

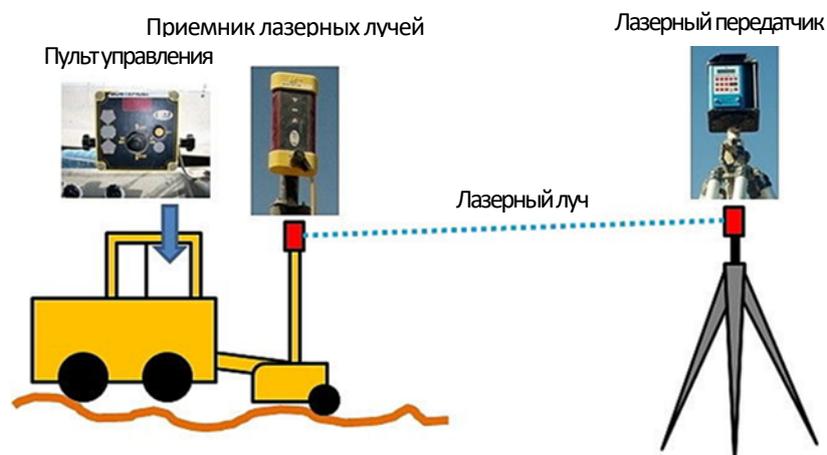


Рис. 2.1.14 Механизм выравнивания лазером

#### 4) Подавления капиллярного подъема (Иноуэ 2012) <sup>6)</sup>

В засушливых и полусушливых регионах с высоким залеганием уровня грунтовой вод, засоление возникает в значительной степени вследствие капиллярного подъема растворенных солей сильным испарением. Поэтому, сокращение, подавление или блокировка капиллярного подъема должно быть полезным.

- Мульчирование

Один из методов по сокращению испарения из почвы это покрытие поверхности почвы различными материалами, такими как солома, сухие листья, гравий, песок или целлофан. В дополнение к сдерживанию влажности почвы, мульчирование может предотвратить эрозию почвы, утечку удобрения, проблему с сорняками и чрезвычайное повышение температуры почвы.

- Глубокий плуг

Капиллярное повышение может быть заблокировано сухим слоем почвы на поверхности, который формируется глубоким вспахиванием.

- Капиллярный барьер

Капиллярное повышение также может быть заблокировано, созданием слоя гравия между культивируемым слоем и поверхностью грунтовой воды.

## 2.2 Меры по улучшению

В отличие от профилактических мер, целью мер по улучшению состоит в том, чтобы удалить соли, которые уже накопились.

1) Когда достаточно водных ресурсов:

- Смывание промывочным поливом

Соль может быть смыта из поверхности почвы и сброшена за пределы поля, соленая вода стекает вниз по течению горизонтально, используется большой объем проточной воды. При использовании этого метода, важно обеспечить надежность каналов и структуры дренажа так, чтобы удаленная соль не была передана в соседние поля.

- Промывка

Соль может быть удалена из корневой зоны затопляя поля и позволяя воде проникать вглубь почвы. Промывка поля широко используется, потому что это - самый практический метод для фермеров и обычно фермеры используют стратегию применяя больше воды, чем их зерновые культуры нуждаются в течение зимы. Чтобы достигнуть достаточного проникновения воды и избежать подъема уровня грунтовой воды, нужно, чтобы система



Рис. 2.2.1 Промывка поля

дренажа функционировала соответственно, подпахотный твердый слой взрыхлен, и закрытый дренаж использовался для усиления эффекта промывки. Кроме того, планировка поля также важна для получения равномерного результата по всему полю.

### Рекомендации по промывке в Узбекистане

В Сырдарьинской области Узбекистан даются следующие рекомендации фермерам.

- Промывочный объем воды

Таблица 2.2.1 Рекомендуемый объем воды для промывки

Степень засоления	Объем водный (м <sup>3</sup> /га)
Малозаселённые (ЕС <sub>e</sub> : 2-4)	2 500
Среднезасоленные (ЕС <sub>e</sub> : 4-8)	3 000
Сильнозасоленные (ЕС <sub>e</sub> : >8)	3 000 (в первый раз)
	1 000 (во второй раз)

**Источник:** Гидрогеолого-мелиоративная экспедиция Сырдарьинской области

- График промывки

Самое подходящее время для промывки хлопковых полей это ноябрь - декабря. Учитывая погодные условия в регионе промывка может проводится 30 января. Осенью, во время сбора урожая хлопка уровень грунтовой воды достигает самого

низкого уровня, так как поля не орошаются. Это создает благоприятные условия для промывки. Однако, провести промывку в этот период трудно, так как оросительные каналы не полностью восстановлены.

● Подготовка поля к помывке

- Вспашка глубиной 35-40 см после сбора урожая.
- Планировка (заборонировать) поля гейдером.
- Улучшить функцию дренажа.
- Проверить уровень грунтовой воды через наблюдательный колодец.
- Разбить поле на чеки, с учетом поверхности поля, используя следующую таблицу:

Таблицы 2.2.2 Уклон и размер чека

Уклон (%)	Размер
<0,2	0,25 га (50 м × 50 м)
0,2-0,4	0,16 га (50 м × 33 м)
0,4-0,6	0,12 га (50 м × 25 м)
0,6-1,0	0,08 га (50 м × 17 м)

**Источник:** Гидрогеолого-мелиоративная экспедиция Сырдарьинской области

Промывку надо проводить на участках с самой высокой засоленностью и также начинать со стороны чеков, которые расположены на самой далекой стороне поля от дренажных каналов или скважин. Поток воды должен заполнять чек, начиная от низменности по восходящей и расстояние между основными оросительными каналами должно быть короче насколько возможно (например, 100-150 м), чтобы позволить воде течь гладко. Промывка должна продолжиться в течение дня и ночи, но из-за темноты в предварительно подготовленных участках (до 0,5-1,0 га), может проводиться в течение ночи, чтобы сэкономить использование воды. Поток воды во временных оросителях и в чеках не должен упасть ниже 30 л/с, а когда глубина воды приближается к 25 см, подача воды должно быть остановлено.

● Применение мелиоративных реагентов

Оцолонцованные почвы могут быть улучшены, удаляя ионы натрия, которые адсорбированы на участках катионного обмена почвенных частиц. Однако, трудно удалить ионы натрия из почвы используя только воду и так как проходимость вязкой оцолонцованной почвы сокращена, ионы натрия вряд ли понизятся в почве. Поэтому, сначала необходимо удалить адсорбированные ионы натрия из почвы используя мелиоративные реагент и затем вымыть отдельные ионы натрия промывкой из поля и т.д. Растворимые в воде материалы кальция, такие как гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и хлористый кальций ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) являются двумя примерами мелиоративных реагентов.

2) Когда недостаточно водных ресурсов:

- Очистка скрепером

Почва может быть удалена скрепером из участка, где образуется соленая корка или определены высокие соленые концентрации, затем перемещены в области за пределы поля.

- Дробление твердого подпахотного слоя

Долгое использование сельскохозяйственных машин уплотняет почву на глубине 20-50 см. В АПВ Ахмедов, Сырдарьинская область, Узбекистан, объемная плотность достигает 1,6-1,8 г/см<sup>3</sup>. Этот твердый слой уменьшает эффект от промывки и задерживает рост корней растений. Поэтому, необходимо раздробить твердый слой, используя специальные агрегаты трактора (Рис. 2.2.2).



Рис 2.2.2 Глубокорыхлитель

- Фито-восстановление

Соль также может быть удалена из почвы растениями устойчивыми к соли, к щелочи или галофитами, которые поглощают соль из почвы. Этот метод может также улучшить проницаемость почвы, поскольку корни растения проникают через почву, и даже глубокие слои почвы могут быть улучшены, если корни растений достигают их.

## ССЫЛКИ

- 1) Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (1988): “Учебное руководство № 5 Управление поливной водой: методы полива”  
<http://www.fao.org/docrep/s8684e/s8684e04.htm#chapter%203.%20furrow%20irrigation>  
Полученный доступ 24 июня 2016г.
- 2) А.Р. Митчелл Дж.Е. Лайт и Т. Пейдж (1993): “Полив через и переменные борозды мяты для минимизации выщелачивание нитрата.” Центральный Орегонский исследовательский центра сельского хозяйства, Годовой отчет 1990г.-1991г., AES OSU, Специальный доклад 922, 29-36.
- 3) А.Р. Митчелл и К. Стивенсон (1994): “Полив мяты дискретным потоком и по переменным бороздам для водосбережения.” Центральный Орегонский исследовательский центр сельского хозяйства, Годовой отчет 1993г., AES OSU, Специальный доклад 930, 79-87.
- 4) Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (1985): “Учебное Руководство № 1, управление поливной водой: Введение в ирригацию.”  
<http://www.fao.org/docrep/R4082E/r4082e07.htm> Полученный доступ 30 июня 2016 г.
- 5) Ю. Окуда, Дж. Ониши, К. Омори, Т. Оя, А. Фукуо, Р. Курвантаев, И. Широкова и В. Насонов (2015г.): “Текущий состояние и проблемы дренажной системы в Узбекистане.” Журнал Исследование аридных земель 25 (3), 81-84.
- 6) М. Иноуэ (2012): “Уровень засоления и методы удаления солей (на японском языке).” Японское Геотехническое научное общество, 60 (1), 12-15.

## Глава 3

### Мониторинг накопления солей в почве и определение причины

#### 3.1 Цель мониторинга и применяемые методы

Для определения степени накопления солей в наблюдаемых засушливых и полузасушливых регионах и выявления результатов методов промывки по уменьшению, концентрации солей в корневой зоне, важным является оценка засоленности посредством мониторинга. В этом разделе мы рассмотрим методы определения степени накопления солей на трех целевых участках разного размера (почвенные профили, промывка поля, место), включая примеры из исследований выполненные Международным исследовательским центром сельскохозяйственных наук Японии (JIRCAS).

##### 1) Определение засоленности в почвенных профилях орошаемых земель

Изменения уровня грунтовых вод, минерализации орошаемой и грунтовой воды могут изменить засоленность почвы в корневой зоне. Контроль влажности почвы и засоленности, орошаемых полей позволяет определить соответствующее время полива, необходимость и продолжительность с учетом промывки, таким образом, что обеспечивает ведение устойчивого сельского хозяйства, которое позволяет должным образом, управляет засоленностью в корневой зоне.

Показатели сухого остатка (TDS) и электрической проводимости (EC) используются для оценки засоленности поливной воды и определения щелочности почвы, для этого необходимо вычислить норму адсорбции натрия (SAR) почвы из измерений концентраций ионов натрия ( $\text{Na}^+$ ), кальций ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магний ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Определения концентраций ионов требуют химического анализа почвенных образцов в лаборатории. Трудно выполнить подробный анализ химических элементов, вовремя мониторинга влажности и засоленности почвы в условиях фермерского хозяйства, поэтому их общая сумма может быть оценена, используя EC.

Как альтернативу для измерения засоленности почвы по почвенным образцам, можно использовать одно из портативных устройств доступное на рынке, который может одновременно измерить влажность почвы, EC и температуру почвы, такие как ECH<sub>2</sub>O с 5TE датчиком (Дэкагон, США) (Рис. 3.1.1, с лева) или WET2 (Дельта-Т, Великобритания) (Рис. 3.1.1, с право). Эти датчики могут переоценивать влажность почвы, при росте засоленности, поэтому требуется их калибровка с учетом свойств почвы.



Рис. 3.1.1 Датчики влажности почвы и EC (Слева: 5TE, справа: WET2)

### Переоценка влажности почвы датчиками 5TE

Объемное содержание воды (VWC) было измерено до и после калибровки датчиков 5TE, которые были установлены на глубине 50 и 80 см на поле в АПВ Ахмедов, эти изменения показаны далее на графике. Хотя VWC насыщенной почвы на точке был в порядке  $0,4 \text{ м}^3 \text{ м}^{-3}$ , до калибровки датчиков, максимальный VWC был  $0,7 \text{ м}^3 \text{ м}^{-3}$  из-за влияния солей в почве, таким образом, переоценка влажности почвы была очевидна. Это произошло, потому что устройство Дэкагон, например, использует известное уравнение Топпа (Топп и др., 1980) без модификации для пре-образования диэлектрической

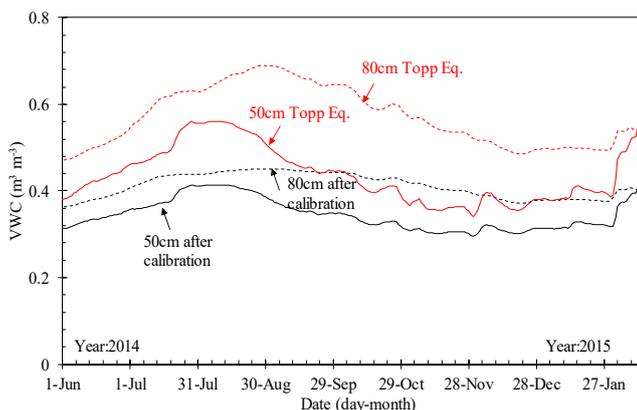
константы в VWC как метод калибровки для минеральных почв.

$$VWC = 4,3 \times 10^{-6} \times \epsilon_a^3 - 5,5 \times 10^{-4} \times \epsilon_a^2 +$$

$$2,92 \times 10^{-2} \times \epsilon_a - 5,3 \times 10^{-2}$$

( $\epsilon_a$  = диэлектрическая константа)

При калибровке датчиков, лучше обращаться к предыдущим исследованиям или методам калибровки, подготовленными различными производителями.



### 2) Определение накопления солей в возделываемых землях

Пространственное распределение засоленных почв в обрабатываемых землях обычно неравномерно, а равномерное распределение, как правило, никогда не наблюдается. Эта неоднородность влияет на управление водными ресурсами, физические свойства почвы (например, проницаемость воды) и засоленность грунтовой воды. Для правильного выбора режима полива на участке с накоплением солей, нужно составить карту их пространственного распределения, что является важным шагом в определении механизма неоднородности. Поэтому, важно рассматривать засоленность с различных сторон.

Измерение засоленности почвы, анализируя почвенные образцы, является самым точным и надежным методом до настоящего времени. Однако, при изучении большого количества точек многократно увеличивается вовремя, стоимость и рабочая сила, вовлеченная в ряд процессов, а также анализ большого количества почвенных образцов, которые должны быть собраны, транспортированы, подготовлены и проверены. Одним из решений проблемы может быть использование электромагнитный метод индукции (EIM), который позволяет измерить засоленность почвы, при этом не требуется, чтобы аппарат был в контакте с почвой. Среди устройств, которые используют EIM, Электро-кондуктометр почвы EM38 (Geonics, Канада) (Рис. 3.1.2). Также, возможно, измерить ЕС почвы электро-кондуктометрами со щупами, которые вставляются непосредственно в почву, такие как Контактный полевой электро-кондуктометр почвы 2265FSTP Fieldscout Direct Soil EC Meter (Spectrum Technologies, США), который может измерить ЕС установленной глубины, до 60 см (Рис. 3.1.3).

Значения ЕС, измеренные EM38 или 2265FSTP, рассматриваются как электрическая проводимость почвы ( $EC_a$ ), которые отражают физическое состояние цепей электрической проводимости твердой, жидкой и газовой фазы почвы, которые зависят от степени влажности почвы и электрической проводимости поверхностных частиц почвы. Соответственно, каждый инструмент должен быть откалиброван для измерения ЕС насыщенного почвенного экстракта  $EC_e$ .



Рис. 3.1.2 Электро-кондуктометр почвы EM38

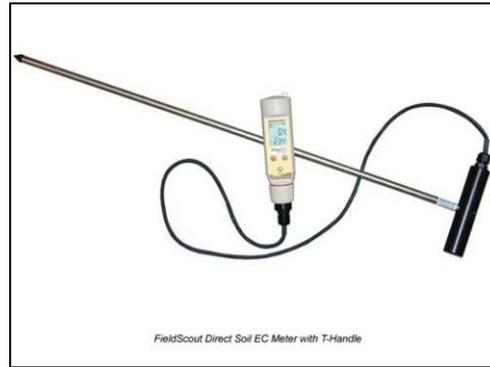


Рис. 3.1.3 Контактный полевой электро-кондуктометр почвы 2265FSTP

### 3) Определение накопления солей на больших территориях

В настоящее время самый крупномасштабный метод глобального экологического мониторинга это дистанционное зондирование со спутника. Например, спутники Landsat оборудованы Тематическими датчиками картопостроителя, у которых есть разрешение 30 м с размером изображения 185 × 185 км. Хотя трудно непосредственно оценить содержание солей и засоленность, используя необработанные спутниковые данные общего назначения, количественная оценка накопления солей, используя дистанционное зондирование весьма возможна, если соответствующие данные наземного контроля собраны, чтобы произвести калибровку данных дистанционного зондирования и помочь в интерпретации и анализе данных.

С другой стороны, наблюдательные колодцы Гидрогеологической мелиоративной экспедицией (ОГМЭ) установлены по одному на каждые 150 га, чтобы контролировать уровень грунтовой воды и засоленности. Регулярный контроль засоленности почвы проводится по одной точке на каждые 50 га, данные для определенных районов, вводится в географическую информационную систему (ГИС) база данных, и используются для создания карт (Рис. 3.1.4). Эти карты позволяют определить накопления солей на областном уровне.

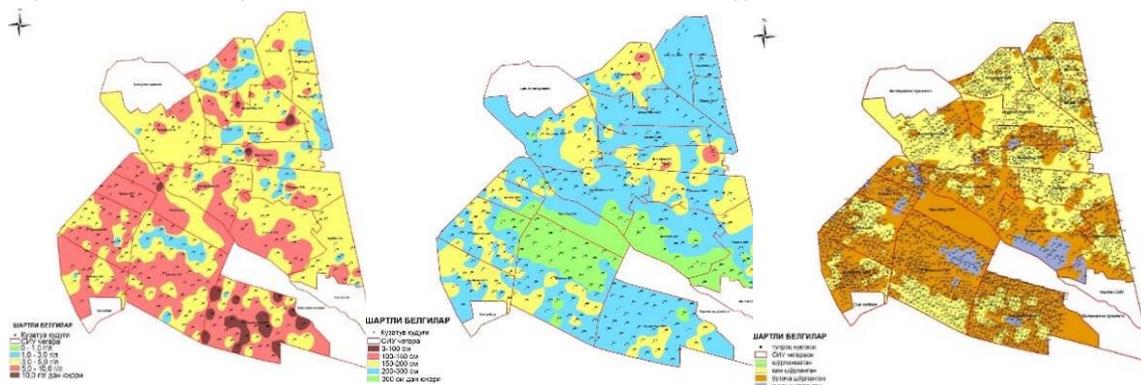


Рис. 3.1.4 ГИС карты ОГМЭ для Мирзаабдского района (с лева на права, минерализация грунтовой воды, уровень грунтовой воды, засоленность почвы, апрель 2013г.)

### 3.2 Изучаемые вопросы для определения причины накопления солей

После того, как измерено засоленность почвы методом мониторинга, описанным выше, эти результаты используются, чтобы понять горизонтальное и вертикальное распределение солей в почве. Эти результаты показывают состояние на момент измерения, и не содержат достаточную информацию, чтобы определить причину накопления солей. Поэтому, для выявления причины

засоления почвы из многих различных потенциальных причин, необходимо продолжить мониторинг на определенный период времени и изучить основные данные, которые являются свойственными для этого региона, включая такие факторы, как погода, поливная вода, качество грунтовой воды и свойства почвы. Далее представим некоторые аспекты для рассмотрения, при определении причины накопления солей, с определенными примерами.

#### 1) Классификация засоленных почв

Поскольку классификация засоленной почвы была уже описана в Главе 1, можем ссылаться на тот раздел. На ее основе классификация засоленной почвы обрабатываемой земли, исследованной в Мирзаабадском районе, Сырдарьинской области показано в рамочке ниже.

#### Классификация засоленности почвы обрабатываемой земле в Мирзаабадском районе, Сырдарьинской области

Почвенные образцы были собраны на глубине 5 - 80 см на обрабатываемой земле в АПВ Ахмедов и Янгиабд и проанализированы. На основе результатов анализа почва на этих участках была классифицирована как засоленная почва. Почвенные образцы были взяты в АПВ Ахмедов в мае 2014 г. и в мае 2015г.

WCA	ECe (dS/m)	pHe	SAR (mmolc/L)	ОСОБЕННО (%)
АПВ Ахмедов	2,1~10,6	8,0~8,3	0,3~3,1	0,4~4,4
АПВ Янгиабд	5,3~25,8	7,5~8,5	1,0~4,9	1,4~6,7

#### 2) Изучения почвенного профиля

Почвенные профили были изучены для определения факторов, которые сдерживают производительность, такую как плодородие почвы и способствуют накоплению солей, и разъяснить стратегию ухода за почвой и землепользования. В то же самое время, наблюдая почвенный профиль подробно, возможно установить особенности почвы и процесс почвообразования. Во время изучения, важно наблюдать и задокументировать историю, которая зафиксирована в почвенном профиле, с помощью пяти чувств (зрение, слух, обоняние, вкус и осязание).

Осадки с разнообразными морфологическими особенностями могут быть наблюдаемы в почвенном профиле в засушливых регионах. Основные растворимые соли, которые можно заметить в почве это хлориды, сульфаты и карбонат натрия, магний и кальций. Растворимость этих солей в воде изменяется по их типу.

#### Растворимость солей

Хлористый кальций (74,5)> хлорид магния (54,6)> натрий хлор (36,0)> сульфат магния (35,1)> карбонат натрия (21,5)> сульфат натрия (19,5)> сульфат кальция (0,255)> карбонат кальция (6,17×10<sup>-4</sup>)

Значение - растворимости в граммах на 100 г воды при 20°C. (Источник: Хронологические научные таблицы)

Как правило, более растворимые соли занимают более нижние слои почвы. Карбонат кальция, который не очень растворим, находится как осадок вблизи поверхности почвы. Карбонат кальция обычно отлагается как мелкие белых частиц или аморфный белый налет, и участки их накопления могут быть легко идентифицированы, поскольку они пенятся при контакте с разведенной соляной кислотой.

Результаты изучения почвенного профиля обрабатываемой земли, в Мирзаадского районе, Сырдарьинской области

При исследовании почвенного профиля обрабатываемой земли в АПВ Ахмедов и АПВ Янгиабд, пятна, которые предполагались карбонатом кальция, наблюдались на глубине 30 - 40 см ниже поверхности поля.

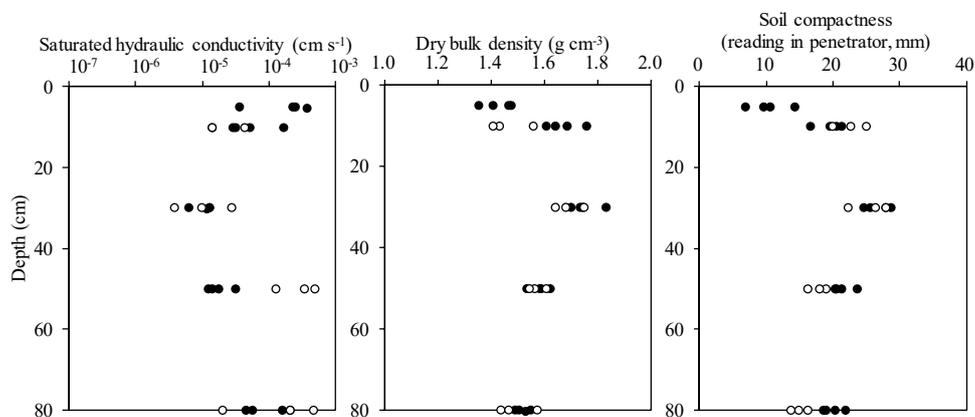


Желательно измерить твердость почвы, при изучении почвенного профиля. Твердость почвы может использоваться для ссылки, при определении потенциала почвы производить зерновые культуры в зависимости от проницаемости почвы для воздуха, воды и корней растений, так же для использования сельскохозяйственных машин. Существуют конусный и стержневой тестеры твердости почвы для измерения твердости почвы.

Физические и химические свойства почвенных образцов взятых после исследования почвенного профиля могут быть проанализированы в лаборатории. Образцы для общего анализа должны быть собраны в полиэтиленовые пакеты. Образцы для водной проницаемости и других физических анализов должны быть собраны, используя металлический цилиндр объемом 100 мл. Образцы для общего анализа должны быть высушены на воздухе, размельчены и просеяны до проведения анализа.

Физические свойства почвы на обрабатываемой земле, в Мирзаабдском районе, Сырдарьинской области

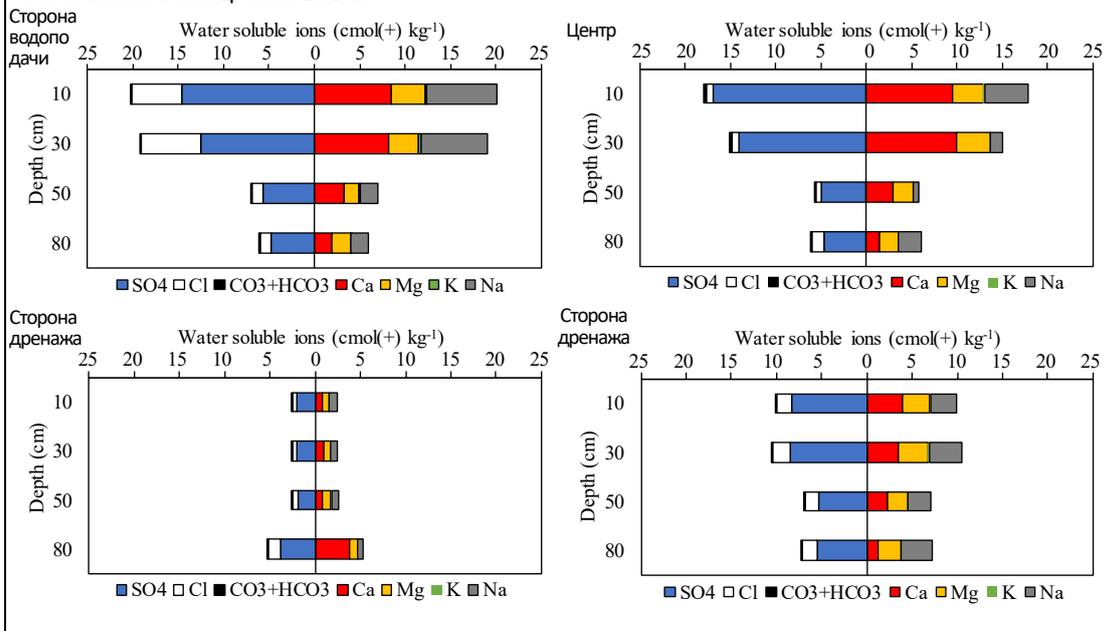
Влагопроводимость насыщенной почвы (методом падения напора), сухая объемная масса и твердость почвы в глубину до 80 см в обрабатываемой земле в АПВ Ахмедов и АПВ Янгиабд была измерены, на глубине 30 см значения оказались аномальными по сравнению с другими слоями. Это показывает, что твердый подпахотный слой сформировался сразу после обработки почвы, вследствие давления шин больших тракторов. Почвенные образцы были взяты в АПВ Ахмедов в мае 2014 г. и мае 2015 г.



Примечание: белый знак показывает АПВ Ахмедов, черный знак АПВ Янгиабд.

**Химические свойства почвы в обрабатываемой земле в мирзабадском районе, Сырдарьинской области**

Концентрация водорастворимых ионов (соотношение почвы и воды 1:5) почвы в глубине до 80 см была измерена в четырех местах обрабатываемой земли в АПВ Ахмедов. Распределение солей на обрабатываемой земле было неравномерным с накоплением солей, которые наблюдаются в почве на глубине 30 см от верхнего слоя почвы на участках от водоподачи к центральной части поля. Большая доля ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Почвенные образцы были взяты в конце мая 2014г.



**3) Качество поливной воды и грунтовой воды**

Обычно, в засушливых и полусухих землях, минерализация и SAR речной и грунтовой воды в большинстве случаев высок, и трудно получить доступ к источникам воды хорошего качества. Использование воды из таких источников для полива, приводит к потерям урожая и деградации почвы. Качество поливной воды определяется на основе значений ЕС и SAR. Для сравнения приведен стандарт в Диаграмме Классификация поливной воды, USSL (1954г.) (Рис. 3.2.1), и Рекомендации по трактовке качества поливной воды, ФАО (1985) (Таблица 3.2.1).

Значения от  $C_1$  до  $C_4$  по горизонтальной оси на Рис. 3.2.1 показывают засоленность в соответствии со значениями ЕС, а значения от  $S_1$  до  $S_4$  по вертикальной оси показывают щелочность согласно значениям SAR. Поливная вода классифицирована на 16 различных классов, и опасности каждого класса показываны в Приложении •. Также можно посмотреть в книге Диагноз и улучшение засоленных и щелочных почв, стр.79–81.

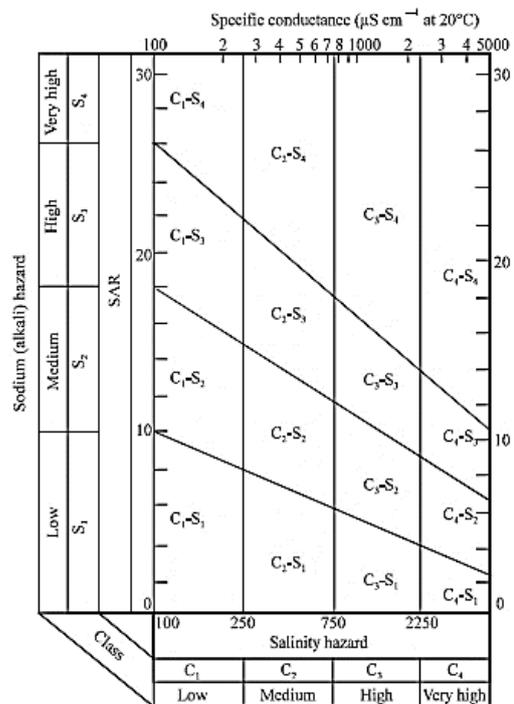


Рис. 3.2.1 Диаграмма Классификации поливной воды (USSL, 1954г.)

Таблица 3.2.1 Рекомендации по трактовке качества поливной воды

Потенциальная ирригационная проблема	Единицы	Степень ограничения на использование		
		Ни какой	От небольшого к умеренный	Строгий
Засоленность (влияет на доступность воды растениям)				
EC <sub>w</sub> или TDS	dS/m mg/L	< 3,0 < 450	0,7- 3,0 450 – 2000	> 3,0 > 2000
Инфильтрация (влияет на норму проникновения воды в почву. Оценивается с использованием EC <sub>w</sub> и SAR вместе)				
SAR	= 0 – 3 и EC <sub>w</sub> = = 3 – 6 = 6 – 12 = 12 – 20 = 20 – 40	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7- 0,2 1,2- 0,3 1,9- 0,5 2,9- 1,3 5,0- 2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
Токсичность свойственная ионам (влияет на чувствительные культуры)				
Натрий (Na)				
Поверхностный полив	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Дождевания	me/L	< 3	> 3	
Хлорид (Cl)				
Поверхностный полив	me/L	< 4	4 - 10	> 10
Дождевания	me/L	< 3	> 3	
Бор (B)	mg/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Разные эффекты (влияет на восприимчивые культуры),				
Азот (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	< 5	5 – 30	> 30
Бикарбонат (HCO <sub>3</sub> )	me/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Нормальный диапазон 6,5 – 8,4		

Результаты оценки поливной воды, дренажной воды и грунтовой воды в Мирзаабадском районе, Сырдарьинской области

Образцы воды были взяты из главных оросительных каналов (13 точек), дренажных каналов (19 точек) и наблюдательных колодцев ОГГМЭ (27 точек) в Мирзаабадском районе и проведен их химический анализ. Образцы были взяты в июне 2013 г. Когда поливная вода была оценена согласно диаграмме USSL и классифицирована как C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, это показало, что существует высокий риск засоления почвы. С другой стороны в образцах грунтовой воды, взятых из наблюдательных колодцев, были высокие содержания Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> или SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, что предполагает в зависимости от местоположения, есть опасность становления щелочной почвы вследствие увеличения солей натрия, вызванных повышением уровня грунтовой воды.

	EC <sub>w</sub> (dS/m)	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SAR
	(mmolc/L)								
Поливная вода	1,4 - 1,6	8,1 - 8,5	5,7 - 7,9	4,8 - 6,8	3,8 - 5,5	2,1 - 3,1	10,6 - 14,8	1,5 - 2,5	1,6 - 2,1
Дренажная вода	1,4 - 22	7,6 - 8,8	8,1 - 30,5	,5 - 76,3	4,2 - 207,9	2,5 - 168,3	13,6 - 161,7	0,2 - 4,6	1,6 - 28,4
Грунтовая вода	1,7 - 63	7,3 - 9,5	0,1 - 41,3	3,4 - 214,7	4,6 - 861,2	2,6 - 877,9	2,8 - 665,2	0,7 - 45,3	1,2 - 80,0

4) Изменения уровня грунтовой воды

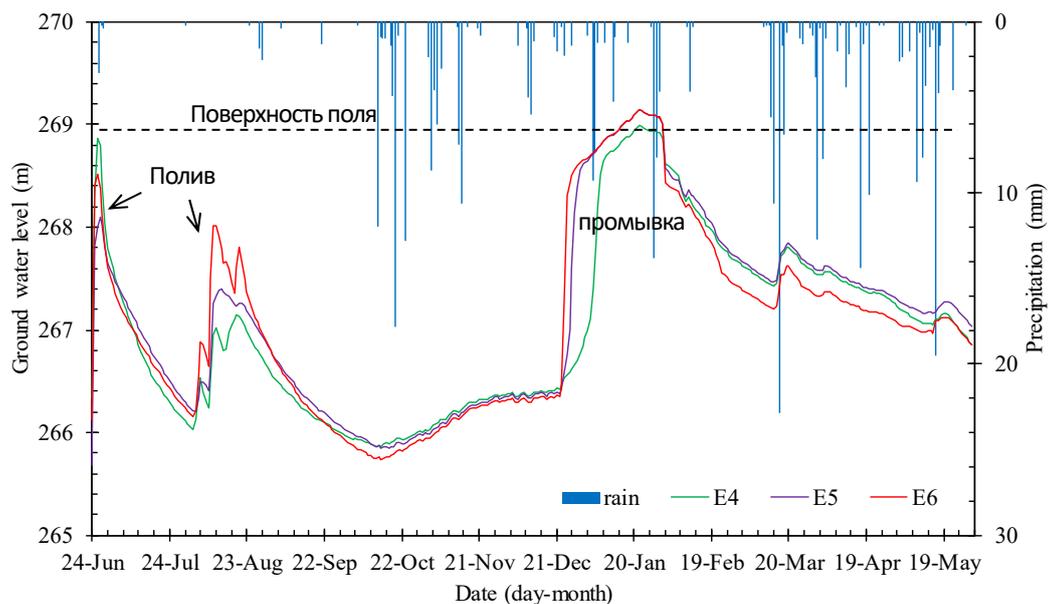
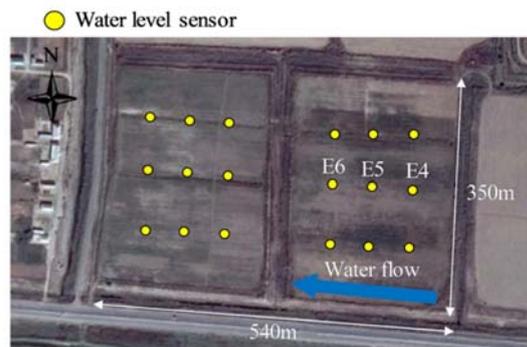
Ущерб от минерализации происходит, когда объем воды, проникающей в систему грунтовой воды, больше чем объем, освобождаемый из системы грунтовой воды. Когда баланс поступления

и выхода грунтовой воды нарушается, тогда уровень грунтовой воды повышается. Это приводит к тому, что растворимые соли в более низких слоях почвы растворяются в грунтовой воде и эта вода с высокой соленой концентрацией достигает корневой зоны посредством капиллярного подъема.

В случае, когда направление потока грунтовой воды неясно или когда имеют места сезонные колебания, необходимо регулярно определять уровень грунтовой воды и выяснить глубину от поверхности, до которой грунтовая вода повысится в случаи подачи воды для полива или промывки.

**Колебания в уровне грунтовой воды на экспериментальных полях в АПВ Янгибад**

Гидрографы (U20-001-04, НОВО) были установлены в наблюдательных колодцах на экспериментальных полях для контроля уровня грунтовой воды. Наблюдаемый период был с июня 2015г. по май 2016г. Результаты показали, что было повышение уровня грунтовой воды вследствие полива и промывки. В то время как увеличение уровня грунтовой воды во время полива было временным, то уровень грунтовой воды во время промывки был постоянен в течение приблизительно одного месяца и находился очень близко к поверхности поля.

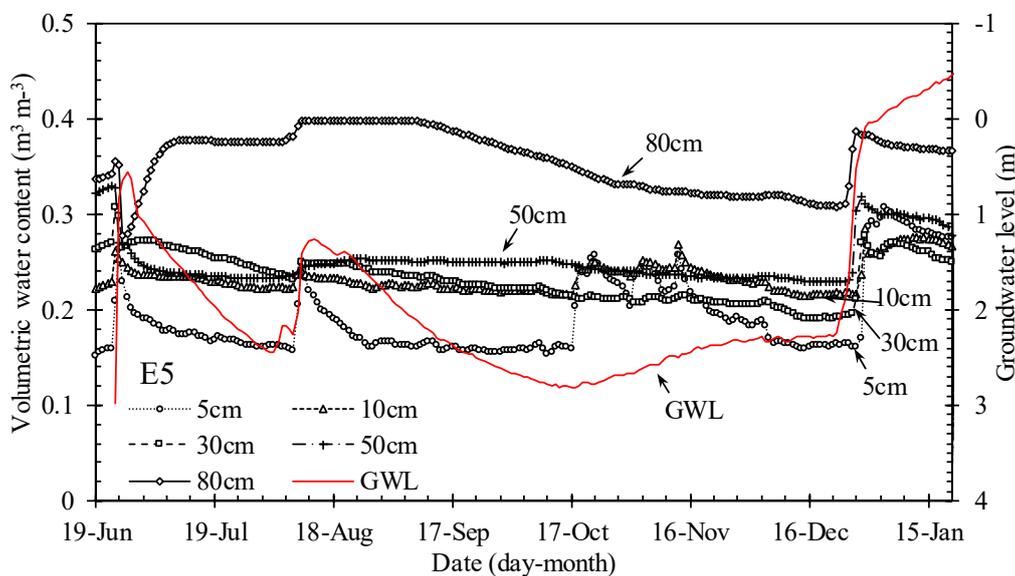
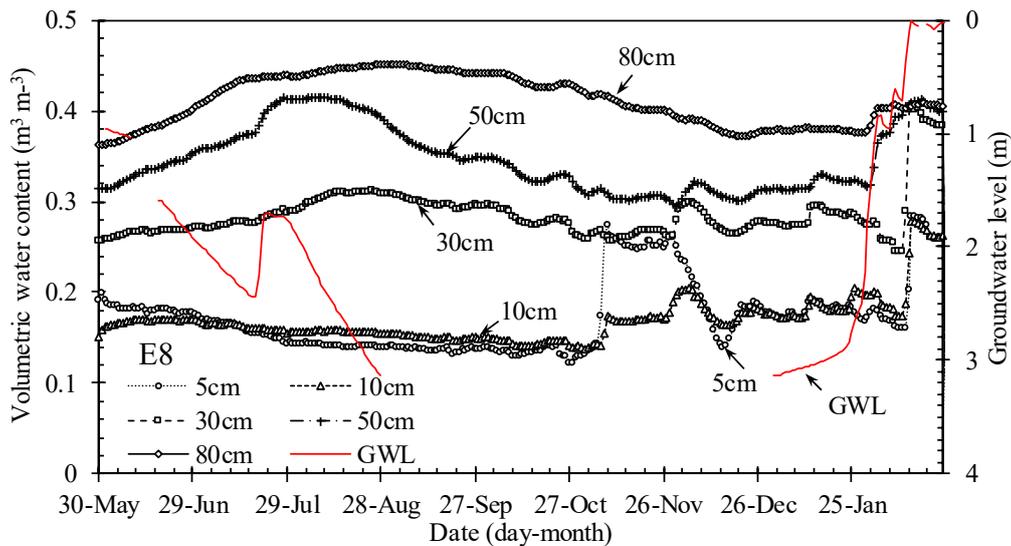


**5) Влажность почвы и изменение засоленности почвы**

Если полив или промывка происходит, когда соли накапливаются на поверхности почвы, то эти соли растворяются в воде и уходят в почву. С другой стороны, когда грунтовая вода содержит соли, то она несет соли на поверхность почвы и накапливаются посредством восходящего движения воды в почве сопровождаемая испарением от поверхности почвы. Основной фактор в восходящем движении солей это конвективная транспортировка воды. Поскольку движение растворимых солей происходит вследствие движения воды в пределах почвы, измерение колебаний влажности почвы и засоленности почвы играет важную роль в понимании феномена накопления солей.

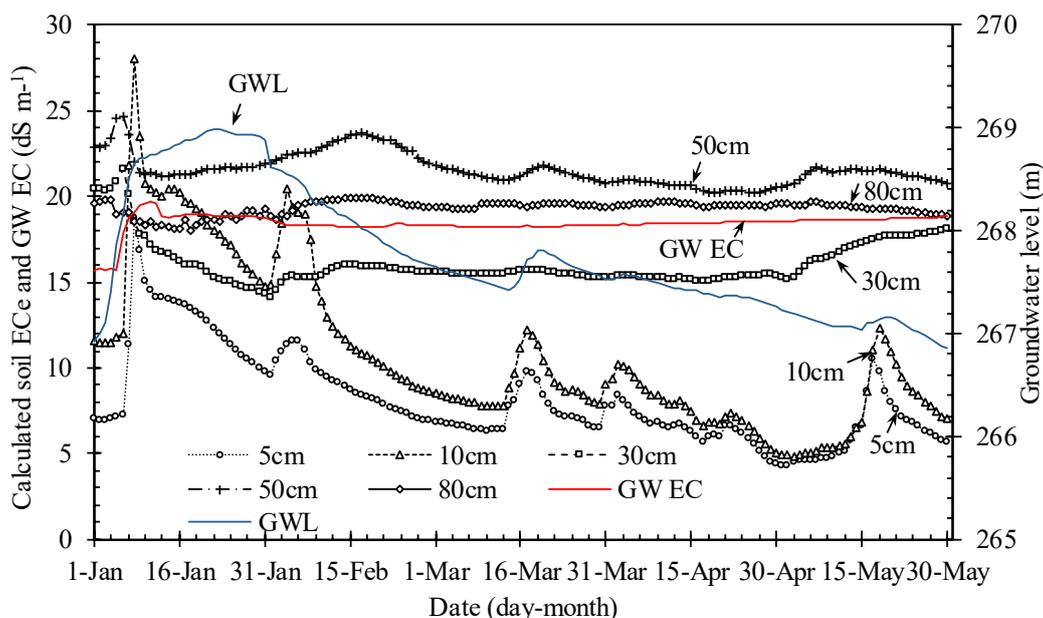
Колебания во влажности почвы на экспериментальных полях в АПВ Ахмедов и АПВ Янгибад

5TE датчики (Дэкагон, США) были установлены на экспериментальных полях для наблюдения за изменением влажности почвы. Период измерения был с мая г. по февраль 2015 г. для участка в АПВ Ахмедов и с января 2015 г. по январь 2016 г. для участка в АПВ Янгибад. Влажность почвы на глубине 80 см в центре поля была близка к объемному содержанию воды как на участке АПВ Ахмедов, так и в АПВ Янгибад, даже во время периода между сентябрем и серединой октября, когда уровень грунтовой воды падает приблизительно до 3 м от поверхности почвы, показывает постоянную влажность почвы и тенденцию к плохому дренированию воды.



Изменения в засоленности почвы после промывки на экспериментальном поле в АПВ Янгибад

5TE датчики (Десятиугольник, США) были установлены на экспериментальном поле для наблюдения за изменениями ЕС почвы. Период наблюдения был между январем 2016г. и маем 2016г. 7 января 2016 г. была промывка; уровень грунтовой воды повысился, и поверхность почвы затоплялась. Хотя, ЕС<sub>e</sub> почвы на глубине 5 см и 10 см уменьшилась в со временем, ЕС<sub>e</sub> почвы в горизонтах на глубине более 30 см оставалась, в основном, на том же уровне засоленности почвы, что было до промывки, даже когда уровень грунтовой воды падал. Кроме того, ЕС<sub>e</sub> почвы на нижних слоях был почти таким же, как ЕС грунтовой воды.



### 3.3 Причины накопления солей на экспериментальных полях

На основе изучения и результатов анализа, показанных выше, мы пытались определить причины накопления солей на экспериментальных полях. Ниже представлено резюме изучения и анализа по каждой позиции.

Исследуемый вопрос	Результаты изучения и анализа
Классификация засоленности почвы	Классифицирована как засоленная почва, которая содержит соли Ca и Mg.
Особенности почвенного профиля	Находились частицы карбоната кальция на глубине 30-40 см. Уплотненный слой сформировался в почвенном горизонте, и проницаемость воды была плохая. По составу солей, содержащихся в почве, были катионы Mg < Na < Ca и преобладали анионы SO <sub>4</sub> .
Поливная вода / особенности грунтовой воды	Поливная вода, которая используется представляет высокий риск, что почва станет засоленной. В грунтовой воде было высокое содержание ионов Na, Cl и SO <sub>4</sub> , что предполагает опасность становления почвы щелочной.
Колебания грунтовой воды	Воды от промывки, которая проводилась зимой, находилась на поверхности почвы в течение около одного месяца.
Колебания во влажности/засоленности почвы	Влажность почвы в более низких стратах почвы находилась в постоянной насыщенной состоянии. Хотя засоленность поверхностного слоя почвы уменьшилась вследствие промывки, засоленность в более низких стратах почвы оставалась на высоком уровне.

Анализ почвы показал, что ущерб от засоления наносится Ca и Mg, а не Na. Кроме того, оценка, состава ионов в поливной воде и грунтовой воде, и состава водорастворимых ионов в почве, показывает вероятность, что соли содержащиеся в почве имеют происхождения из поливной и грунтовой воды.

Обычно промывка выполняется зимой, чтобы соли опустились в нижние слои почвы. Однако подпахотный твердый слой образует непроницаемый слой, который влияет на проникновение промывочной воды и препятствует вымыванию солей. Когда подается вода для промывки или полива на слои почвы над твердым слоем, застойная вода временно собирается над твердым слоем. Поскольку твердый слой мелок на глубине 30 см, застойная вода пробивается на поверхность почвы через капиллярный подъем, который стимулирует интенсивное испарение на поверхности; кроме того, происходит перемещение и последующее накопление растворимых солей в поверхностных слоях почвы. Так как соли Na самые растворимые в воде, они накапливаются в поверхностных слоях почвы. Уровень грунтовой воды под твердым слоем повышается на высоту менее 1 м из-за промывочной и поливной воды. Соли, содержащиеся в грунтовой воде, поднимаются вверх вместе с почвенной влагой вследствие увеличения температуры. Поскольку испарение ограничено под влиянием твердого слоя, соли сульфата кальция, которые имеют низкий уровень растворимости (0,208г/100г H<sub>2</sub>O при 20°C), остаются и накапливаются в твердом слое. Очевидно, что такое накопление сульфата кальция далее уменьшает водную проницаемость твердого слоя.

Контрмеры против вышеупомянутых механизмов накопления солей показаны на Рис. 3.3.1. Мы полагаем, что эти контрмеры будут эффективны при разрушении твердого слоя, что в свою очередь способствует эффективной промывке и удалению солей в обработанной почве, и их отводу в дренажный канал.

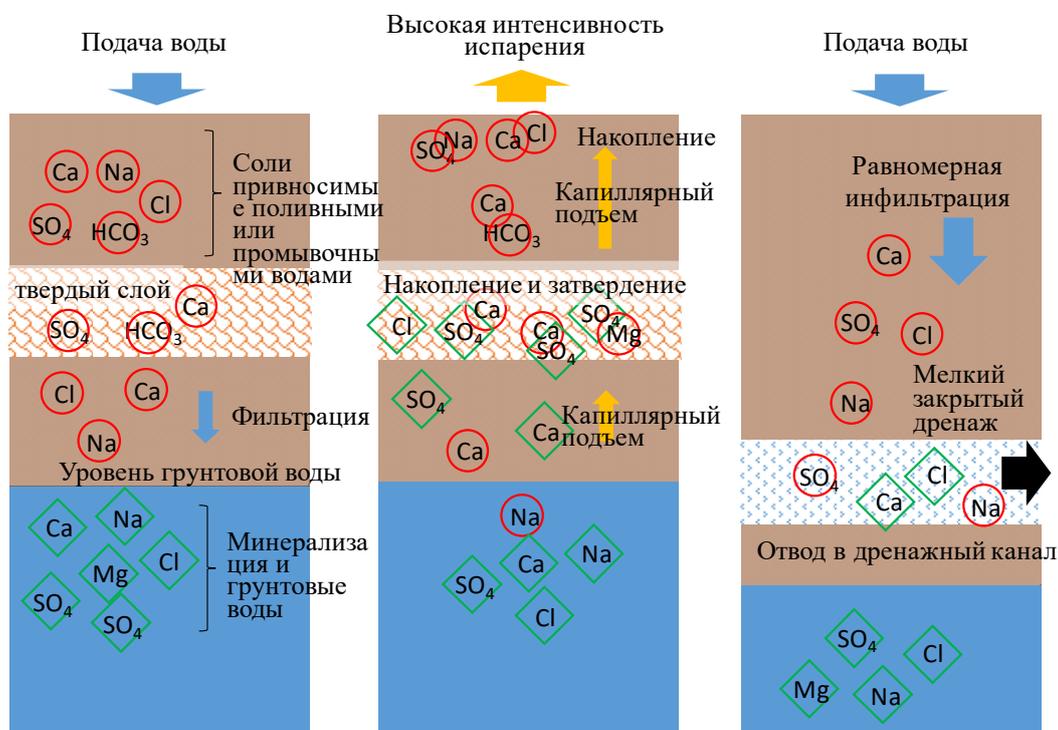


Рис. 3.3.1 Механизмы накопления солей на экспериментальных полях и ожидаемое улучшение от контрмер Рис. 2.2.2 Глубокий рыхлитель

Для определения влияния этих контрмер, мы взяли несмешанные почвенные образцы, используя пробоотборник грунта до и после дробления твердого слоя на участке с накоплением солей. В лаборатории мы измерили твердые остаток (TDS) в фильтрах при 300-миллиметровом затоплении. Результаты показали, что промывочная вода быстро проникала вниз, и соли были удалены, при раздроблении твердого слоя, 35,4 % TDS был в фильтрах после процесса промывки. С другой стороны, при сохранении твердого слоя более длительное время (около 72 дней) необходимо для проникновения промывочной воды, в том же объеме, что вода проникала при раздроблении твердого слоя. Однако, при полевых условиях понадобилось меньше времени для фильтрации в почву промывочной воды выщелачивания. Так как было трудно удалить соли в горизонтах ниже глиняного слоя, возможно, что промывочная вода удалила соль в слое, которые были над твердым слоем, и отводила их в горизонтальном направлении, или на участки с высоким уровнем проницаемости.

## Глава 4

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКОГО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕЙ НА ОРОШАЕМЫХ ПОЛЯХ

### 4.1 Определение мелкого закрытого дренажа в данном руководстве

#### 1) Цель

Система дренажа это эффективное средство по сокращению чрезмерного накопления солей на полях, которое обеспечивает переход солей в нижние слои почвы через снижение уровня грунтовой воды во время промывки, тем самым предотвращает накопление солей в пахотном слое во время вегетационного периода. Для снижения уровня грунтовой воды нужно строить дренажные каналы (коллекторы), вертикальный дренаж и глубокие системы закрытого дренажа (2,5-3,0 м глубиной). В полях, где такие средства работают эффективно, после промывки, соленые стоки воды вытекают из полей в дренажные каналы, это сокращает капиллярный подъем грунтовой воды и таким образом сокращается накопление солей на поверхности почвы. Однако, накопление солей не может быть сокращено в некоторых полях вследствие:

- Высокого уровня воды в дренажных каналах из-за обвала откосов, заиления, чрезмерно быстрого роста сорняка в каналах и т. д.,
- Высокого уровня грунтовой воды из-за малого объема откачки вертикального дренажа
- Высокого уровня грунтовой воды из-за низкой нормы отвода воды системой закрытого дренажа
- Высокого уровня грунтовой воды в результате чрезмерной подачи воды во время полива или промывки
- Сокращение эффектов удаления солей в результате более низкой проницаемости почвы вследствие присутствия твердого подпахотного слоя или других факторов

В данном руководстве рассматривается мелкий закрытый дренаж, который предназначен для контроля грунтовой воды, расплывшейся на мелкой глубине\*. На полях с высоким уровнем риска накопления солей, данный тип дренажа, предназначен для удаления солей путем отведения промывочных инфильтрационных вод в дренажные каналы, что улучшает дренаруемость неглубоких слоев почвы (на глубине 60-90 см от поверхности почвы).

\*Грунтовая вода на мелкой глубине относится к типу грунтовой воды, которая близко расположена к поверхности земли, уровень грунтовой воды свободно колеблется и не находится под давлением (то есть, безнапорная грунтовая вода).

#### 2) Особенности мелкого закрытого дренажа

По сравнению с обычным закрытым дренажом, который обычно устанавливается в глубинах 2,5-3,0 м, мелкий закрытый дренаж может эффективнее отводить инфильтрационные воды с поля, даже когда уровень воды дренажных каналах высок.

Для мелкого закрытого дренажа часто используются перфорированные трубы (с минимальным диаметром 50 мм) в качестве основных закрытых дрен, но этот подход требует высокой плотности укладки дрен, чтобы обеспечить эффективность работы дренажа, а стоимость строительства на единицу площади высока, даже если на единицу длины окажется ниже.

В данном руководстве, мы рассматриваем технологию зарытого дренажа, который используют вспомогательные закрытые дрена с высокой пропускной способностью, которые позволяют сократить плотность используемых перфорированных труб, и понижает затраты.

Типичные вспомогательным закрытым дренажом могут быть кротовые дрены (на глубине 40 см от поверхности, диаметром 6-10 см), закрытые дрены, заполненные гидрофобными материалами (рисовой шелухой или другим материалами, которыми заполняются отверстия) и глубокое рыхление почвы. Кротовые дрена, обычно соединяющиеся с основным закрытым дренажом, являются относительно краткосрочными с точки зрения срока службы. Недавно был разработан агрегат, который может нарезать структурно устойчивые отверстия дрен, чем

обычные кротовые дрены, (агрегат далее будет называться “кротодренажный агрегат”, и закрытые дрены созданные использованием агрегата будут называться “нарезные кротовые дрены” (cut-drains)). В данном руководстве эти кротовые дрены используются в качестве вспомогательных закрытых дренов. В данном контексте, кротовые дрены (cut-drain) определены как “вспомогательные закрытые дрены”, соединенные к основному закрытому дренажу, хотя они могут функционировать как перфорированная труба с высоким уровнем отвода воды и расценены как частичная замена трубам.

Схемы закрытого дренажа с использованием глубокого закрытого дренажа, обычного мелкого закрытого дренажа, и комбинации мелкого закрытого дренажа и нарезных кротовых дренов, показаны на Рис. 4.1.1.

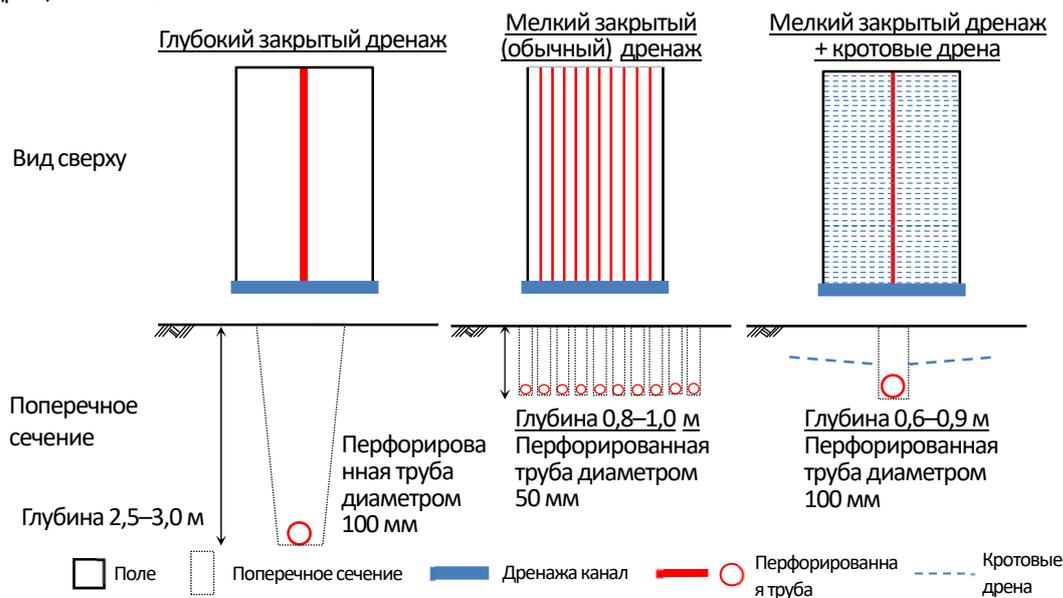


Рис. 4.1.1 Различия в схеме закрытого дренажа

Нарезание (безтрубных) кротовых дренов это дешевая технология мелкого закрытого дренажа, которая разработана в Японии (Рис. 4.1.2). Кротовые дрены нарезаются кротодренажным агрегатом, прикрепленным к трактору. Это позволяет фермерам быстро и легко построить кротовые дрены, т.е. закрытый дренаж с такой же пропускной способностью воды, как основной закрытый дренаж, без использования дополнительных материалов (труб). Данный метод является сравнительно простым способом создания поля с хорошим дренажом (Китагава и др. 2010г.<sup>1)</sup>, Окуда и др. 2015г.<sup>2)</sup>).

Информация о разработке технологии нарезных кротовых дренов и его применении в Японии, представлена в Приложениях 1 и 2.



Рис. 4.1.2 Кротодренажный агрегат и нарезанная кротовая дрена

## 4.2 Структура системы мелкого закрытого дренажа

### 1) Как работает закрытый дренаж

Система мелкого закрытого дренажа состоит из основного закрытого дренажа (поперечного дренажа: поперечная труба и гидрофобные материалы), собирающего дрена (неперфорированная коллекторная труба), вспомогательных закрытых дрена, устья, гидравлического затвора и вертикальной трубы (Рис. 4.2.1). Форма и условия дренажа целевого поля должны быть оценены до окончательного проектирования системы и компонентов, чтобы обеспечить максимальную производительность и облегчить обслуживание. Вспомогательные закрытые дрена должны быть распределены по всему полю и соединены с поперечным дренажом. Инфильтрационная вода после промывки поступает через вспомогательные закрытые дрена в поперечный дренаж, затем в коллекторную трубу и в конце в открытый дренажный канал.



Рис. 4.2.1 Структура системы мелкого закрытого дренажа

### 2) Объем стока закрытого дренажа

Внедрение системы мелкого закрытого дренажа требует определения объема стока закрытого дренажа во время промывки. Объем стока закрытого дренажа определяется необходимостью удаления избыточной воды через закрытый дренаж за указанный период времени (MAFF 2000)<sup>3</sup>. Промывочная вода после затопления поля разделяется на: воду, которая остается на поверхности почвы; воду, которая вытекает в окружающие дренажные каналы; воду, которая уходит в грунтовую воду; воду, которая вытекает через закрытый дренаж; и воду, которая испаряется. В этом руководстве объем стока закрытого дренажа представлен как ежедневный объем воды, который удаляется через мелкие закрытые дрена. Эта информация используется для определения интервалов между кротовыми дренами и диаметров перфорированных и собирающих труб.

Стандартный диапазон объема стока закрытого дренажа это 10–50 мм/д для сельхозугодий; Фактический объем стока, размеры целевой площади, экономическая эффективность, и т.д., определены на основе полевых данных полученных с полей с похожими свойствами.

### 3) Структура системы мелкого зарытого дренажа

#### а. Основной закрытый дренаж (поперечный дренаж)

Основной закрытый дренаж, направляет грунтовую воду и промывочную фильтрационную воду с поля в коллекторные дрена или дренажные каналы, состоит из перфорированных труб, обсыпки и гидрофобного материала. Поперечные трубы собирают окружающую грунтовую воду и фильтрационную воду, и отводят их с поля. Обсыпка состоит из водопроницаемого материала, который накладывается на поперечные трубы, помогает фильтровать сток воды, поступающий в трубы, и

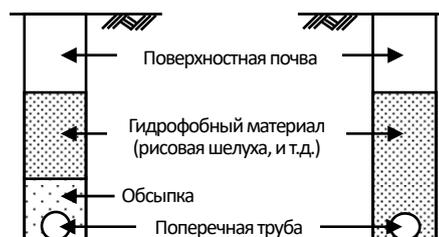


Рис. 4.2.2 Поперечное сечение Основного закрытого дренажа

также служит, для поддержания водопроницаемости, увеличивая площади дренирования. Гидрофобные материалы размещаются над обсыпкой и служат для направления потоков воды, собранной с поля в поперечные трубы, так же обеспечивают дренирование потока воды, действуя как большой водный путь. Обсыпка и гидрофобные материалы часто состоят из одного того же типа материала, и вместе упоминаются как гидрофобные материалы (Рис. 4.2.2) (Ассоциация развития горного сельского хозяйства, 1989г.)<sup>4)</sup>.

В качестве Основного закрытого дренажа, с учетом механического состава почвы и водопроницаемости почвы, среди других факторов, поперечные трубы или только гидрофобные материалы могут быть использованы (MAFF 2000)<sup>3)</sup>. Если поперечные трубы не укладываются, то материалы, такие как бамбук, хворост и галька могут быть использованы для обеспечения проницаемости.

#### b. Коллекторная дрена

Коллекторная дрена соединяется с концом поперечного дренажа расположенного вниз по течению и отводит фильтрационную воду, собранную вспомогательными закрытыми дренами и поперечным дренажом в открытый дренажный канал. Для коллекторного дрена не требуется использования перфорированных труб, поскольку вода с поверхности поля напрямую не поступает в нее.

#### c. Вспомогательные закрытые дрены

Вспомогательные закрытые дрены направляют фильтрационную воду, возникающую на поверхности поля (например, промывочная вода, дождевая вода) в поперечный дренаж. Вспомогательные закрытые дрены соединяются со слоем гидрофобных материалов основного зарытого дренажа, чтобы направлять собранную фильтрационную воду к основному закрытому дренажу.

Длина кротового дрена может быть ограничена уклоном земли и глубиной основного зарытого дренажа, но обычно достигает устанавливаемой длины до 200 м на плоских площадях (Китагава и др. 2010г.)<sup>1)</sup>. По мере увеличения длины кротового дрена, также увеличивается водосборная площадь основного зарытого дренажа. Строительство нарезного кротового дрена может привести к возникновению преимущественного потока, который может вызвать обвал отверстия дрены. Поэтому, при проектировании нарезных кротовых дрен нужно включить меры, которые минимизируют возможность преимущественного потока (см. 4.3.3. и 4.4).

#### d. Устье и скважина разгрузочного затвора

Устье расположено в конце системы закрытого дренажа вниз по течению и выходит на открытый дренажный канал; когда требуется корректировка объема слива, тогда открывается гидравлический затвор. Чтобы предотвратить повреждения устья и затвора строительной техникой во время выемки грунта при очистке дна дренажного канала, оператору машины нужно сообщить заранее об их местоположениях. Затворы классифицируются, как вертикальный тип и вентильный тип (Рис. 4.2.3) (MAFF 2000)<sup>3)</sup>.

- Вертикальный тип разгрузочного затвора

Для регулировки объема сброса воды из закрытого дренажа открывается или закрывается устройство, вертикально вставленное с поверхности земли в поперечную трубу или коллекторную трубу. Бетонная труба или подобное устройство должно быть установлено для защиты вертикального затвора от повреждения домашним скотом или чем-то другими.

- Вентильный тип разгрузочного

затвора

Выход поперечной трубы или

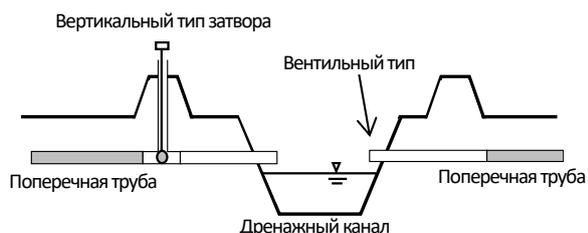


Рис 4.2.3 Типы затвора

коллекторной трубы на откос дренажного канала (т. е. устья) закрывается крышкой затвора (вентилем), объемом сбрасываемой воды регулируется, открытием и закрытием крышки затвора.

#### е. Вертикальная труба на основном закрытом дренаже

Поперечные дрена не могут быть замечены с поверхности земли, поэтому требуется установки бетонного смотрового колодца на истоковой части поперечной трубы, который связан с поперечным дренажом. Это позволяет определить местонахождение дрена с поверхности земли, а так же дает доступ к трубе для очистки и обслуживания, когда функционирование дренажа ухудшается (например, при заиливание песком) (MAFF 2000)<sup>3)</sup>.

### 4) Методы дренажа

Существуют два метода зарытого дренажа: прямой дренаж, при котором поперечный дренаж непосредственно соединен с дренажным каналом, и коллекторный дренаж, при котором множественные поперечные дрена соединены с дренажным каналом (MAFF 2000)<sup>3)</sup>.

#### а. Прямой дренаж

Это - метод дренажа, где устье поперечного дренажа непосредственно выходит на дренажный канал (Рис. 4.2.4). Если устье связано с большим дренажным каналом с высокими откосами, то объем земляных работ связанных с раскопкой и засыпкой вынутым грунтом увеличивается. Поэтому, если большое количество дренажных устьев, то нужно построй небольшой дренажей канал в поле, куда будут выходить устья, а этот дренажный канал соединить с большим дренажным каналом вне поля. Подходящее местоположение должно быть определено до строительства дренажного канала в поле, чтобы канал не препятствовал сельскохозяйственным работам на поле.

Хотя можно применить метод прямого дренажа к кротовым дренам, есть риск обвала почвы около устья, когда объем сбрасываемой воды большой; кроме того, даже в почвах, стойких к обвалу (например, тип почвы, тяжелая глина), почва около устья является склонной к высыханию и трещинам, увеличивается риск разрушения. Если необходимо использовать прямой дренаж для нарезных кротовых дрен, то должны быть приняты меры по предотвращению обвала почвы; например, 2м пластмассовая труба может быть установлена на выходе дрена (Китагава и др. 2010г.)<sup>1)</sup>.

#### б. Коллекторный дренаж

Этот подход вовлекает соединение многочисленных поперечных дрен к дренажному каналу (Рис. 4.2.5). Небольшое количество устьевых сооружений упрощает обслуживание, и нет никакой необходимости строить дополнительный дренажный канал в поле, который создает неудобство для сельскохозяйственных работ.

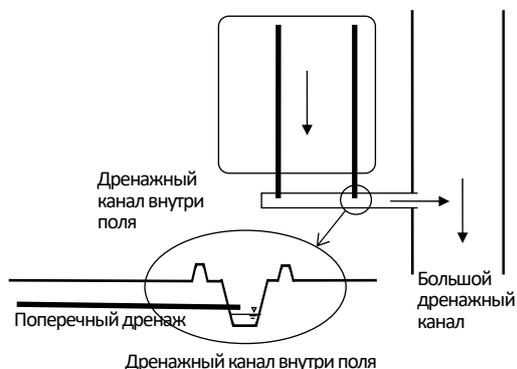


Рис. 4.2.4 Метод прямого дренажа

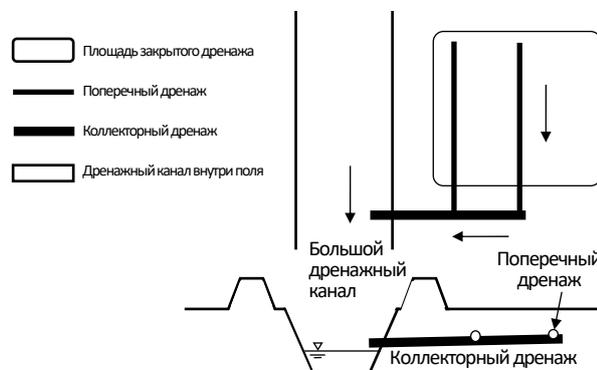


Рис. 4.2.5 Метод коллекторного дренажа

#### 5) Схема расположения основного закрытого дренажа и вспомогательных закрытых дрен

Уклон поля является основным фактором, который нужно учесть при проектировании расположения основного закрытого дренажа и вспомогательных закрытых дрен. Есть два основных способа пересечения основного закрытого дренажа и вспомогательных закрытых дрен: Перпендикулярный и "Елочкой" (Рис. 4.2.6) (С.К. Гупта 2013г.)<sup>5)</sup>.

##### а. Перпендикулярный тип

Это, когда вспомогательные закрытые дрены соединяются с основным закрытым дренажом под прямым углом, и чаще всего используется на выровненном поле без шероховатостей и с одинаковым уклоном. Кротовые дрены, которые строятся на постоянной глубине от поверхности земли, должны быть проведены с учетом уклона поля, так, чтобы стоки воды текли к основному закрытому дренажу.

##### б. Тип "елочкой"

В этом расположении вспомогательные закрытые дрены связаны с основным закрытым дренажом под углами, которые согласуются с полевыми неровностями. Этот дизайн чаще всего используется в полях, когда вода во вспомогательных закрытых дренах будет течь в противоположном направлении, если перпендикулярный тип использовался бы.

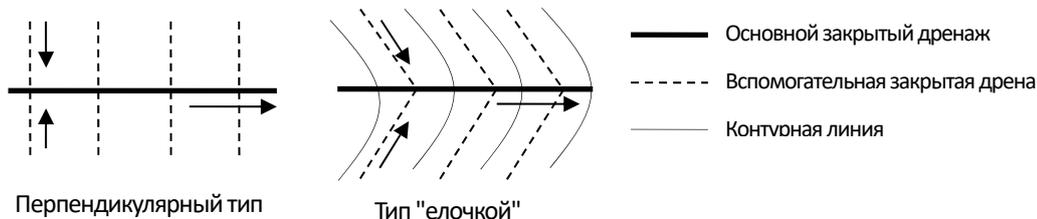


Рис. 4.2.6 Концептуальная диаграмма системы закрытого дренажа

### 4.3 Проектирование и реализация мелкой закрытой дренажной системы

При установке системы мелкого закрытого дренажа на поле, необходимо исследовать полевые условия и изучить поле до проектирования дренажной сети, чтобы гарантировать, для обеспечения соответствующего дренирования фильтрационной воды дренажной системы. В отличие от открытых каналов, мелкие закрытые дренажные системы основываются на проложенные трубы, который не позволяют определить источник проблемы, когда разрывается сток воды. Во время строительства нужно контролировать уровень дна траншеи, чтобы обеспечить уклон с учетом контура поля, и пристальное внимание должно быть обращено на места соединения труб; трубы должны быть тщательно осмотрены на предмет повреждения. Кроме того, в местах, где глубина залегания поперечных труб мелкая, длина ножей кротодренажного агрегат должна быть отрегулировано, чтобы не нанести ущерб трубе.

Проектировщик и строитель дренажной сети должен помнить пункты, упомянутые ниже относительно различных компонентов мелкой закрытой системы дренажа:

#### 1) Основной закрытый дренаж (Поперечная дрена)

##### а. Материалы

Для обеспечения последовательной инфильтрации и поступления стока воды через поперечные дрена, нужно выбрать перфорированные трубы определенного размера поперечного сечения, прочности, долговечности и водной поглощаемости, которые будут практичны и экономичны (MAFF 2000г.)<sup>3)</sup>. Перфорированные трубы, обернутые в нетканые материалы или сетчатый материал, будут предотвращать поступления грязи в трубы.

#### в. Глубина заложения труб

Для соединения нарезных кротовых дрен (на глубине 0,6–0,9 м), трубы должны быть уложены на глубину 0,8–1,0 м ниже поверхности поля. Прокладка труб должна быть осуществлена таким образом, чтобы уклон был в направлении вниз по течению, и трубы расположились без изгибов. Высота устьевого трубы, соединяющейся к дренажной трубе, должна быть выше уровня воды в дренажном канале; Учитывая, что уровень воды в дренажном канале может повышаться в результате промывки зимой, необходимо изучить уровень воды за прошедшие периоды для определения высоты устья.

#### с. Угол уклона и диаметр труб

Одно из преимуществ расположения устья на более низком уровне в дренажном канале состоит в том, что угол уклона соединяющейся трубы может быть круче, который увеличивает расход воды и таким образом, что позволяет использование труб меньшего диаметра. Но в то же самое время, такое расположение увеличивает объем земляных работ при копке траншеи в конце вниз по течению; Так как, вначале вверх по течению глубина заложения труб, относительно мелкое, это усложняет соединение дренажа с нарезными кротовыми дренами, и увеличивает риск, что трубы могут быть повреждены кротодренажным агрегатом. Низкий угол уклона, может сократить объем расхода воды в трубе. Если расход воды в трубе становится слишком низкой и труба несет полную нагрузку расхода воды в течение длительного периода, то тогда труба должна быть заменена трубой большего диаметра. Поскольку диаметр трубы сильно влияет на стоимость строительства, оптимальный размер диаметра трубы должен быть определен через всесторонний анализ периода, во время которого труба, будет нести полную нагрузку, перепада давления в трубе и эффективности издержек.

Норма расхода трубы может быть вычислена через уравнение Маннинга, которое использует расход воды закрытого дрена для промывки, площадь промывки, угол уклона трубы, и коэффициент шероховатости стенок трубы как переменные параметры.

#### Вычисление (пример)

Скорость потока  $v$  (м/с) может быть вычислена, используя Уравнение Маннинга:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

где  $n$  - коэффициент шероховатости трубы,  $R$  (м) - гидравлический радиус (поперечное сечение / смоченный периметр при прохождении воды), и  $i$  - гидравлический уклон. Учитывая гофрированность трубы диаметром 100 мм и коэффициентом шероховатости 0,016, установленный уклон  $i = 1/800$ , и 80%-ая глубина воды, поперечное сечение  $0,0067 \text{ м}^2$ , и смоченный периметр  $0,22 \text{ м}$ , скорость потока  $v$  вычисляется как:

$$v = (1/0,016) \times (0,0067/0,22)^{2/3} \times (1/800)^{1/2} = 0,22 \text{ м/с}$$

Таким образом, норма расхода вычислена как:  $Q = 0,0067 \times 0,22 = 0,0015 \text{ м}^3/\text{с}$  (1,5 л/с).

Принимая расход закрытого дрена  $12 \text{ мм/д}$  и водосборную площадь  $1,0 \text{ га}$ , расход закрытого дрена  $q$  вычислена как  $120 \text{ м}^3/\text{д}$  (1,38 л/с).

Поскольку  $Q$  больше чем  $q$ , объем расхода воды закрытого дрена, таким образом, будет равно норме 80 % от диаметра трубы.

#### 2) Монтаж основного закрытого дренажа

Процесс монтажа основного закрытого дренажа показан на Рис. 4.3.1.

#### а. Определение линии дрена

Местоположения устья, коллекторных дрен и поперечных дрен определяются согласно дизайну сети закрытого мелкого дренажа. До установки поперечных и коллекторных труб необходимо отметить точки с минимальным интервалом  $20 \text{ м}$  вдоль линии, которой будут установлены дрена, для контроля глубины укладки труб.

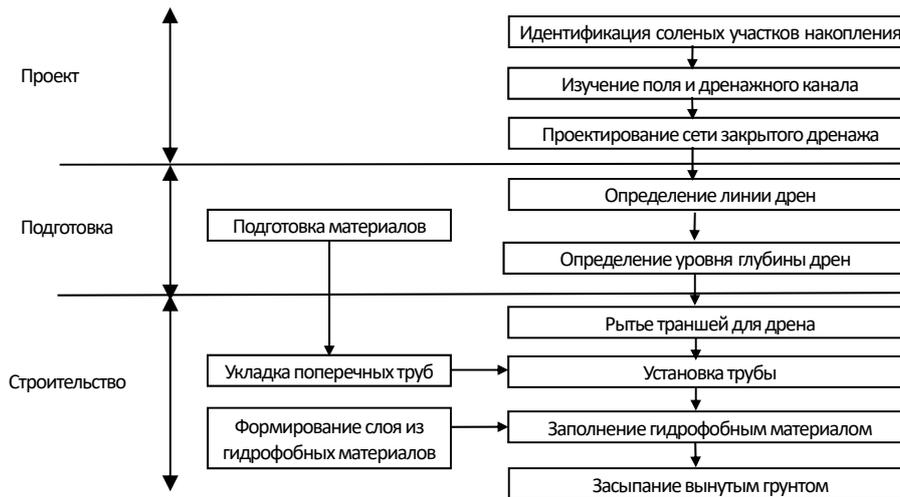


Рис. 4.3.1 Строительство основного закрытого дренажа

#### в. Строительство траншеи

Для копки траншеи может применяться ручной, механический или комбинированный способ. Объем земляных работ, будет пропорционально к ширине, глубине и длине раскопок. Учитывая стоимость раскопок и объем необходимых гидрофобных материалов, ширина раскопок должна быть узкой насколько это возможно.

Для длинных траншей машинная раскопка более эффективна, чем ручная. Для машинной раскопки обычно используется экскаватор или траншеекопатель; если использовать экскаватор, то нужно выбрать более узкий по ширине ковш.

Поступление водный на дно траншей во время раскопок значительно ограничивает строительные работы; чтобы избежать этого, рытье канавы должно быть выполнено, когда уровень грунтовой воды ниже, дна траншей и уровень осадок низкий. Кроме того, раскопки должны быть выполнены в направлении "от устья к истоку", вода не будет накапливаться в траншее.

При выкапывании траншеи нужно контролировать уровень глубины, чтобы избежать возникновения обратного уклона и чрезмерной шероховатости. Поскольку, более вероятно, что шероховатость произойдет, при раскопке экскаватором глубину необходимо проверять в каждой контрольной точке сразу после раскопок, чтобы придерживаться заданной глубины в проекте. После машинной раскопки, дно траншеи должно быть выровнено вручную по всей длине канавы, чтобы соответствовать проектным параметрам. Для ручного труда ширины траншей должно быть минимум 40 см, и для контроля уровня глубины нужно установить разметки на одной стороне траншей, например, протягивая линию из шнуров. Используемая линия выравнивания должна быть легкой и сильной, и фиксироваться на промежутке не более 10 м, чтобы предотвратить линию от провисания.

#### с. Укладка трубы

После проверки глубины дна траншеи, укладывается труба. Для предотвращения обвала откосов траншеи, накопления валунов или комков грунта под трубами требуются аккуратность во время установки труб. Трубы должны быть плотно соединены друг с другом, чтобы предотвратить смешения и утечку.

#### d. Засыпка гидрофобным материалом

Рисовая шелуха, дробленые камни (гравий), щепа, и подобные материалы могут быть использованы в качестве гидрофобных материалов (MAFF 2000)<sup>3)</sup>. Гидрофобные материалы засыпаются, пока толщина гидрофобного слоя не будет достаточна для установки соединения вспомогательных закрытых дрен с трубой. Учитывая сжимаемость материалов, большой объем гидрофобных материалов должен быть внесен и утрамбован. Изменение поперечного сечения выкопанной траншеи (например, вследствие обвала откосов) влияет на объем вносимых гидрофобных материалов; поэтому эти материалы должны быть добавлены сразу после установки трубы.

#### e. Обратная засыпка вынутым грунтом

После достаточного заполнения гидрофобными материалами, траншея должна быть обратно засыпана вынутым грунтом. Обратная засыпка должно быть сделано вручную и аккуратно, чтобы избежать повреждения труб. Высота обратно засыпаемого грунта должна быть выше, чем окружающий уровень земли вдоль траншеи, так как происходит последующая усадка обратно засыпанного грунта.

### 3) Коллекторные дрены

Укладка коллекторных дрен, как и поперечных дрен, требует устройство траншеи заданной глубины и его соответствия определенному уклону. Поперечная дрена и коллекторная дрена должны быть соединены через соединители для труб достаточно туго, чтобы предотвратить смешение и утечку воды. Если поперечные дрена расположены с обеих сторон коллекторного дрена, то их расположение должно быть спроектировано таким образом, чтобы их соединения с коллекторной трубой не были на одной точке, чтобы воды из разных поперечных дрен не мешали друг другу (JIID 1993г.)<sup>6)</sup>. Поскольку устья дрен могут быть повреждены домашним скотом, копательной техникой и т.д., то они должны быть защищены устройством из бетона или металла.

### 4) Вспомогательные закрытые дрены (нарезной кротовый дренаж)

#### a. Строительство кротовых дрен

Нарезной кротовый дренаж это отверстие (10 см × 10 см) созданное под землей на глубине 60-90 см. Прокладывать дерновые отверстия с определенным уклоном не возможно, если поверхность поля неравное; поэтому, крайне важно, чтобы нарезные кротовые дрены были созданы на выровненном поле. Необходимо, чтобы неровности поля были выявлены заранее, чтобы максимально возможной степени уменьшить влияние профиля поверхности поля и спроектировать и сформировать кротовые дрены таким способом, чтобы вода в пустотах текла в поперечные дрены. В своих хозяйствах фермеры обычно используют полив по бороздам, которые нарезаются с учетом уклона; Нарезные кротовые дрены тоже формируются в том же направлении, что и борозды, поэтому у них будет одинаковый уклон. Высокий расход воды увеличивает риск эрозии внутренней стены полости кротовых дрен; Поэтому, нужно избегать крутых уклонов, при нарезке кротовых дрен. Идеальный уклон должен быть между 1/500 и 1/1000.

Укладочный интервал между кротовыми дренами рассчитан на основании расхода проектируемого

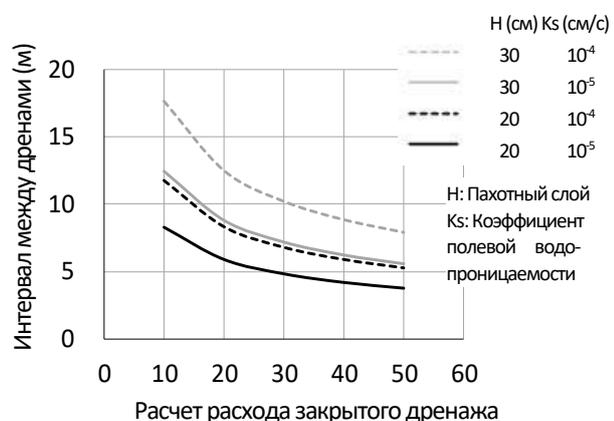


Рис. 4.3.2 Интервал укладки кротовых дрен

закрытого дренажа, коэффициента полевой водопроницаемости и толщины пахотного слоя. Учитывая, что закладываемый расход закрытого дренажа ( $D$ ) 10–50 мм/д, коэффициент полевой водопроницаемости ( $K_s$ )  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  см/с и толщина пахотного слоя ( $H$ ) 20–30 см, интервал между дренами будет от 4 до 18 м. (Рис. 4.3.2).

Пропускная способность кротового дрена зависит от крутизны уклона; например, взаимосвязь между уклоном (1/500–1/1000) и объемом потока для глубин воды 30 %, 50 %, и 70 % показано на Рис. 4.3.3.

Чтобы избежать уплотнения почвы копательной машиной во время установки поперечных дрен, кротовые дрена должны быть проложены после укладки поперечных дрен; Работа должна проводится аккуратно, чтобы не нанести ущерб поперечным дренам ножом рабочего органа кротодренажного агрегата во время работы.

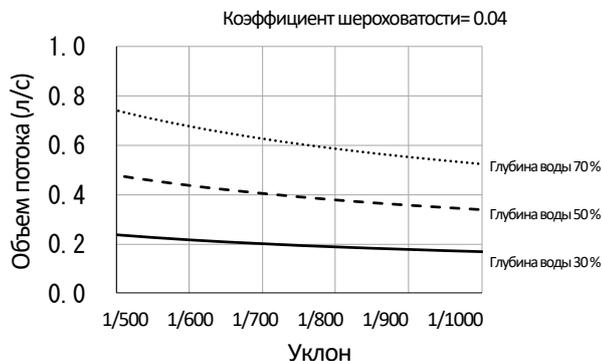


Рис. 4.3.3 Уклон и объем потока кротового дрена

**Расчёт установочного интервала и нормы расхода кротовыми дренами (пример)**

Установочный интервал между закрытыми дренами может быть рассчитан, используя следующее уравнение (MAFF 2000г.)<sup>3)</sup>:

$$S = 2H \sqrt{\frac{k}{D} \times 86,4} \quad (1)$$

где  $S$  - интервал между поперечными дренами (м),  $H$  - толщина пахотного (см),  $k$  - коэффициентом водопроницаемости для определения интервала между поперечными дренами (см/с),  $D$  – проектный расход воды закрытого дренажа (мм/д), и 86,4 коэффициент конверсии.

Коэффициент водопроницаемости ( $k$ ) получен, поправкой коэффициента полевой водопроницаемости, рассчитанный для пахотного слоя ( $k_s$ ):

$$k = \alpha \cdot k_s \quad (2)$$

где  $\alpha$  – поправочный коэффициент для полевого коэффициента водопроницаемости, и значения приближения даны для различного порядка полевого коэффициента водопроницаемости (Таблица 4.3.1).

Таблица 4.3.1 Поправочный коэффициент приближения ( $\alpha$ )

Заказ $k$	Значение приближения $\alpha$
10-3 см/с	50
$10^4$	100
$10^5$	500
$10^6$	1,000

Принимая во внимание, спроектированный расход закрытого дренажа  $D$  12 мм/д, толщина пахотного слоя  $H$  20 см, коэффициент полевой водопроницаемости  $k_s$  10-5 см/с, и коэффициента водопроницаемости для определения интервала между поперечными дренами  $k$   $5 \times 10^{-3}$  см/с, интервал  $S$  для закрытых дрен получен  $2 \times 20 \times (5 \times 10^{-3} / 12 \times 86,4)^{1/2} = 8$  м.

Если длина нарезных кротовых дрен составляет 100 м, с промежутками по 8 м, с уклоном 1/1000, при глубине воды 30 % (3 см), и коэффициенте шероховатости  $n=0,04$ , то Уравнение Маннинга может быть использовано для определения скорости потока  $v$  и объема расхода  $Q$ , который в этом примере был  $v = 0,06$  м/с и  $Q = 0,17$  л/с, соответственно.

Если заложенный расход закрытого дренажа - 12 мм/д, дренажная площадь  $A$  вычислена следующим образом: длина заложения (100 м)  $\times$  интервал (8 м) = 800 м<sup>2</sup>, и расход  $q$  вычислен следующим образом:  $0,012 \times 800 / 86400 = 0,00011$  м<sup>3</sup>/с (0,11 л/с).

Так как  $Q$  больше чем  $q$ , в этом случае, нарезной кротовый дренаж может отводить воду закрытого дренажа запроектированного на глубину воды 3 см.

#### в. Структура кротовых дрен и метод их формирования

Нарезные кротовые дрены сформированы уникальным методом. Во-первых, два ножа (передний нож (1) и задний нож (2)) заглубляются в землю, которые затем поднимают почву в форме параллелепипеда на 10 см, создавая полость внизу. Затем боковой резак (3) перемещает смежный блок почвы на 10 см в сторону, недавно созданной полости, оставляя пустоту для прохода воды (4), который служит закрытым дренажом (Рис 4.3.4 и 4.3.5). Кротодренажный агрегат крепится к трактору, который его тянет и создает более глубокие кротовины, чем обычным методом. Соответственно нарезка кротовых дрен несложная операция, которую фермеры могут легко включить в их обычный процесс обработки земли.

Существуют два способа, которыми кротодренажная машина нарезает кротовые дрены: от поверхности земли и изнутри дренажного канала (Рис. 4.3.6). По первому методу кротовые дрены можно нарезать как со стороны истока, так и со стороны устья, и этот метод используется при строительстве вспомогательных закрытых дрен, которые соединяются с поперечным дренажом. По второму методу кротовые дрены нарезаются только от дренажного канала, и поэтому кротовые дрены используются для непосредственного отвода воды в дренажный канал (Окуда и др. 2015г.)<sup>2)</sup>.

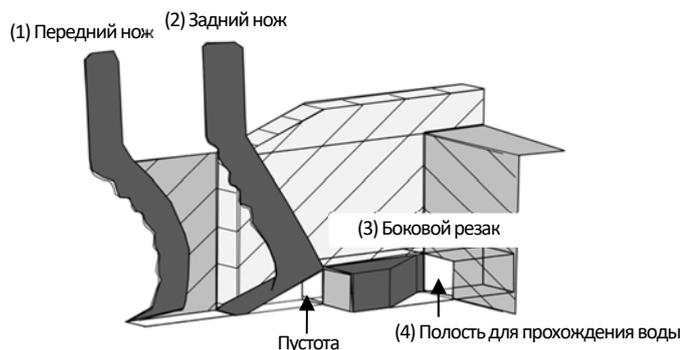


Рис. 4.3.4 Как создать кротовые дрены (функции ножей)

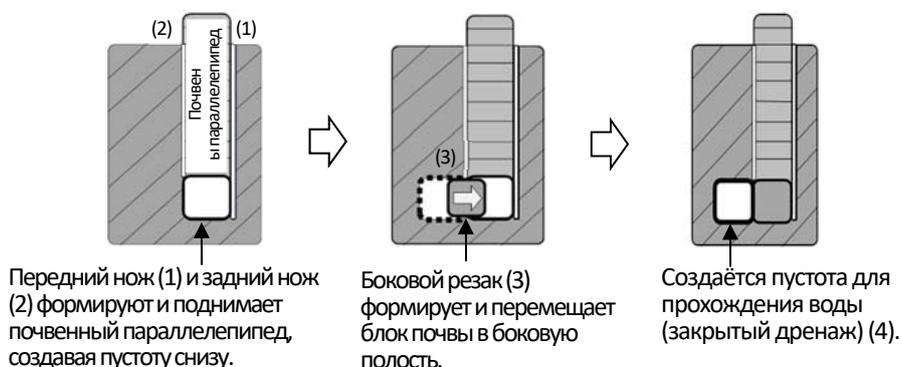


Рис. 4.3.5 Движения объема почвы во время строительства кротового дрена

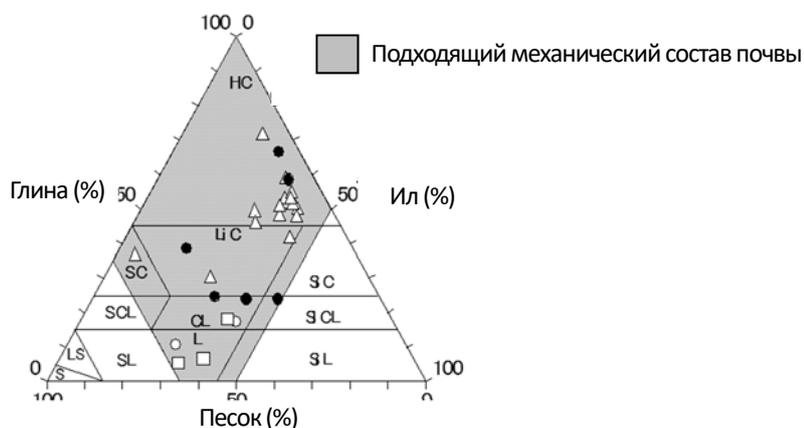


Рис. 4.3.6 Как нарезать кротовую дрину

с. Что необходимо учитывать при строительстве кротовых дрен

- Подходящий механический состав почвы

Поскольку кротовые дрены это пустоты, а не трубы, необходимо изучить, среди других проблем, осуществимость формирования пустот и риск обвала почвы потоком воды, до начала строительных работ. В Японии вероятность создания кротовых дрен высока в типах глиняных и торфяных почвах (Рис. 4.3.7). Но с другой стороны песчаные и другие типы почвы с высоким содержанием ила такие как S, LS, SC, SCL, SL, SiC, SiCL и SiL (по всемирно признанным типам механического состава почвы) являются неподходящими; Для полей с механическим составом почвы тип L, например, кротовые дрены не сохраняются долго и должны повторно создаваться через несколько лет (Китагава и др. 2010г.)<sup>1)</sup>.



●: Почва низменной земли ○: Почва низменности с меньшей устойчивостью □: Подходящая вулканическая почва △: Подходящая почва равнины земли

Источники: Институт сельского машиностроения, Национальная организация сельскохозяйственных исследований

Рис. 4.3.7 Типы механического состава почвы, подходящие для кротовых дрен

- Глубина кротовых дрен

На верхней части ножа кротодренажного агрегата есть отверстия для регулировки позиции ножа (Рис. 4.3.8) на каждом ноже имеются четыре отверстия. Самое низкое отверстие, прежде всего для предотвращения касания ножа земли, когда кротодренажный агрегат находится в транспортном положении, хотя в этом положении она может быть использована для нарезки

мелкого дренажа (Рис. 4.3.9). Используя одно из других трех отверстий, можно отрегулировать длину ножа, для заглубления в почву на 60-120 см. Тяговое сопротивление увеличивается, когда ножи устанавливаются глубже, также увеличивается риск деформации лезвия. Поэтому, чаще всего используется третье отверстие с веру (Рис. 4.3.10), для создания кротовин на глубине 60-90 см.

● Приподнимание кротодренажного агрегата

Во время строительства кротовых дрен трактор тянущий кротодренажный агрегат может забуксовать, если влажность почвы умеренная (Рис. 4.3.11). Самые верхние слои почвы содержат небольшую влажность и недостаточно эластичны во время засушливого периода. В такие периоды весьма вероятно, что ножи машины не в состоянии резать почву и не углубляются в почву (Рис. 4.3.12). В таких случаях, для предотвращения приподнимания кротодренажного агрегата необходимо принять меры, такие как использование бокового резака с пластиной против подъема и добавлением 100-120-килограммового груза на несущую раму (Рис. 4.2.13 и 4.2.14).



Рис. 4.3.9 Положение ножа во время транспортировки



Рис. 4.3.10 Положение ножа во время нарезки



Рис. 4.3.11 Тяга при умеренной влажности почвы

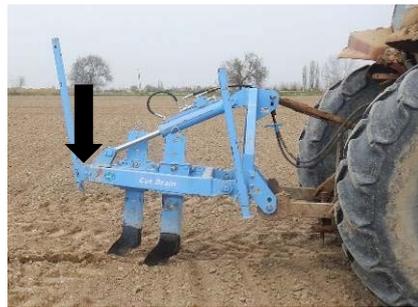


Рис. 4.3.12 Приподнимание кротодренажной машины



Пластина против подъема

Рис. 4.3.13 Боковой резак с пластиной против подъема



Груз на раму (см. стрелку)

Рис. 4.3.14 Нарезка с грузом

- Прокрутка колес трактора

Даже если нож рабочего органа войдет в почву, а почва уплотненная, то вероятно, трактор не сможет тянуть кротодренажный агрегат, колеса трактора будут прокручиваться на месте; Колеса могут также прокручиваться, если поверхность почвы чрезвычайно влажная. Один из более подходящих периодов для строительства кротового дренажа это период с марта по апрель, поскольку обычно в это время грунтовая вода находится ниже поверхности почвы, поверхность почвы сухая. Кротовые дренажи могут быть созданы даже во время сухих периодов, для этого нужно проводить увлажняющий полив почвы и продолжить работу, как только поверхность почвы подсохнет.

- Возникновение преимущественного потока вызванного строительством кротовых дрен

Преимущественный поток может произойти в вертикальных воздушных полостях над кротовой дренажной, которые могут быть сформированы ножами кротодренажного агрегата. Если большой объем преимущественного потока воды, возникший во время промывки и полива, попадет в воздушные полости, то может вызвать обвал свода, под весом воды или эрозийным действием воды, уменьшая эффективность прохождения воды через кротовый дренаж. Одна из профилактических мер, которая может быть принята, для минимизации появления преимущественного потока, это увеличение влажности почвы до строительства кротовых дрен, что увеличивает текучесть почвенных частиц во время строительства и таким образом заделывает воздушные разрывы в почве. Для увеличения влажности почвы нужно произвести полив только той борозды, по которой будет проходить линия строительства кротовой дренажной, а смежные борозды, через которые будут проходить колеса трактора надо оставить сухими. Если запланировано строительство большого количества кротовых дрен, то полив нужно проводить за несколько дней до начала работ. Однако, большой объем поливной воды увеличивает риск переполнения и утечки воды из борозды; Поэтому, высота гребня борозды и глубина борозды междурядья должны быть установлены достаточном уровне до полива. Когда трактор тянет кротодренажный агрегат после полива, надо проявить аккуратность, чтобы ножи машины проходили через центральную линию между бороздами, где влажность почвы выше.

Эта методика не полностью устраняет возможность преимущественного потока; Кроме того, если сухая погода сохраняется, то трещины могут произойти в промежутках, где воздушные пустоты были заблокированы. Если эта методика использовалась для строительства кротовых дрен в период сухой погоды, то необходимо избегать чрезмерный полив до промывки, если преимущественный поток произошел во время полива, то воздушные разрывы в таких частях должны быть заделаны для предотвращения обвала пустот до начала промывки.

#### 4.4 Применение в засушливых районах (пример)

Ниже мы представляем пример строительства мелкого закрытого дренажа в Сырдарьинской области Узбекистана:

##### 1) Схема расположения мелкого закрытого дренажа

Анализ образцов почвы с экспериментального поля показал накопление солей в центре поля. Поэтому было решено строительства мелкого закрытого дренажа в центральной части поля. Была выбрана и спроектирована площадь 4,0 га (200 м × 200 м) с системой дренажа, состоящая из двух основных закрытых дрен (перфорированные трубы + рисовая шелуха, № 1 и № 2) и 40 вспомогательных закрытых дрен (кротовые дрены) (Рис. 4.4.1).

Основные закрытые дрены были соединены с дренажным каналом, который расположен в северной части поля, и устья дренажа выходят на сеть дренажного канала в западной части поля. Осмотр поля и территории вокруг поля, показал, что основание дренажного канала было более мелким в некоторых частях, чем задаваемая глубина основных закрыты дрен; Поэтому, был рассмотрен метод копки дрен более глубоко и метод коллекторного дренажа. По первому методу, более вероятно, что заиления будут накапливаться из-за обвала откосов или по другим причинам, влияя на расход основного закрытого дренажа; Таким образом, была принята схема коллекторного дренажа, которые соединены с сетью дренажного канала.

Уклон основного закрытого дренажа к открытому дренажному каналу на поле был задан 1/800. Глубина поперечных дрен была установлена так, чтобы их глубина составляла 1.0 м на пункте с самой низкой глубиной на линиях основного закрытого дренажа (Рис. 4.4.2). На основе глубины и уклона поперечных дрен, глубина в точке соединения между основным закрытым дренажом и коллекторным дренажом была приблизительно 1,3 м ниже от поверхности земли. На основе уровня воды в дренажном канале около устья дренажа в сезон промывки, высота устья была установлена приблизительно 1,5 м ниже от поверхности земли.

Оба основных зарытых дренажа (№ 1 и № 2) 200 м в длину, а длина вспомогательных закрытых дрен по 100 м; площадь дренирования обоих охватывает 2 га (200 м × 100 м). Кротовые дрены были построены перпендикулярно к основным зарытым дренажам по направлению с востока на запад, т.е. в том же направлении как борозды, которые были нарезаны для полива. Угол уклона был подобран так, что вода текла в направлении основных зарытых дренажей.



Рис 4.4.1 Схема мелкого закрытого системы дренажа (пример)

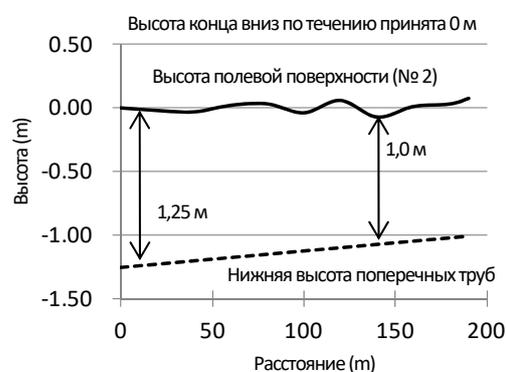


Рис 4.4.2 Взаимосвязь между полевой поверхностью и уклоном трубы закрытого дренажа

## 2) Дизайн мелкого закрытого дренажа и глубокого закрытого дренажа (пример)

Сравнение систем глубокого закрытого дренажа и мелкого закрытого дренажа показано на Рис 4.4.3. Используя проект глубокого закрытого дренажа, который установлен около экспериментального участка (Рис. 4.4.4), объем почвы был сравнен между двумя типами закрытого дренажа (Таблица 4.4.1). Система глубокого закрытого дренажа является крупномасштабной и требуется глубокая раскопка; А объем земли, который будет перемещен для установки системы мелкого закрытого дренажа, с использованием кротовых дрен в качестве вспомогательных закрытых дрен (Рис 4.4.5), составляет около одной двадцатой из перемещенного для установки системы глубокого закрытого дренажа. Даже полагая, что мелкая поверхностная система дренажа требует подсыпки гидрофобным материалом и строительства кротовых дрен, оценка стоимости, будет приблизительно 30 % стоимости системы глубокого закрытого дренажа.

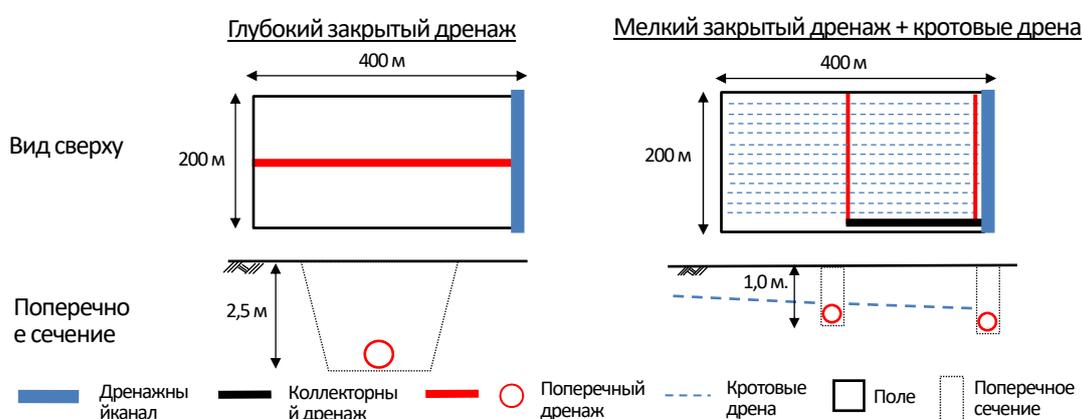


Рис 4.4.3 Сравнение систем глубокого закрытого дренажа и мелкого закрытого дренажа

Таблица 4.4.1 Сравнение системы глубокого закрытого дренажа и мелкого закрытого дренажа

Тип	Полевая область 200 м. × 400 м., полевой градиент 1/1000				
		Глубина	Интервал	Длина	Примечание по строительству
Глубокий закрытый дренаж	Поперечный дренаж	2,5 м	200 м.	400 м × 1	8 м <sup>3</sup> за 1 м трубы
	Мелкий закрытый дренаж	Поперечный дренаж	1,0 м	200 м.	200 м × 2
	Коллекторный дренаж	1,2 м	-	200 м	
	Вспомогательный закрытый дренаж	0,7 м	5 м.	400 м × 40	

Примечание) Цифры по глубокому дренажу оценочные расчетные.



Поперечное сечение глубокого закрытого дренажа



Поперечная дрена, которая будет установлена

Рис. 4.4.4 Установка закрытого дренажа на глубину 2,5 м.



Поперечная дрена в мелкой закрытом дренаже



Установка гидрофобного материала (Рисовая шелуха)



Строительство вспомогательных дрен (кротовых дрен)



Отверстие кротового дрена

Рис 4.4.5 Строительство мелкого закрытого дренажа

### 3) Уровни влажности почвы, подходящей для строительства кротовых дрен

В почвах, испытывающих недостаток в эластичности, ножи кротодренажного агрегата могут пробиться через почву, и машина приподнимается на поверхность почвы. Анализ идеальных уровней влажности почвы для строительства кротовых дрен на экспериментальном поле показывает, что минимальная норма влажности почвы (содержание воды) в глубинах 0-20 см, 20-40 см, и 40-60 см составляют 10 %, 15 %, и 18 %, соответственно (Рис 4.4.6).

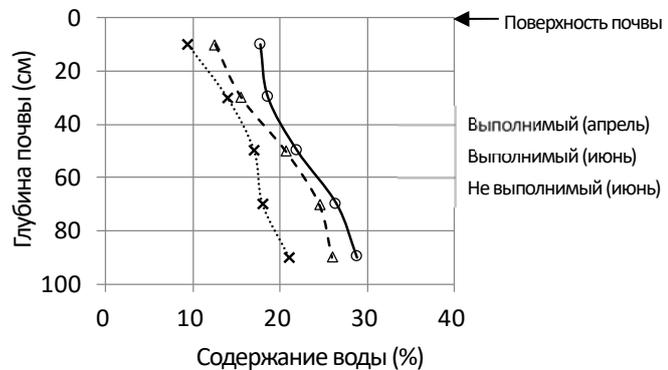


рис. 4.4.6 Влажность почвы и кротовые дрена

### 4) Меры по минимизированию появления преимущественного потока при строительстве кротовых дрен

Полевые испытания проводились по бороздковому поливу, чтобы измерить потенциал преимущественного потока после строительства (Рис. 4.4.7) кротовых дрен. По сравнению с неорошаемыми частями вероятность возникновения преимущественного потока было ниже на орошаемых частях на день полива и спустя 2 (Рис. 4.4.8). В местах возникновения преимущественного потока, дренажные полости не разрушалась, если объем воды был небольшим. Обвал полостей можно контролировать, сокращая возникновение преимущественного потока и сокращая поступление воды в полости.

Когда кротовый дренаж был построен в день полива, объем распространенной орошаемой воды по всей борозде был равен глубине 3 см (90 см × 3 см × длина борозды), который увеличил влажность почвы на глубину до 40 см. Кротовые дрена построенные спустя 2 дня после полива, с объемом воды равной постоянной глубине полива 10 см, который имел небольшой эффект на влажность почвы на глубинах 40 см и более (Рис 4.4.9). Во время этих испытаний в некоторых местах вода просачивала из орошаемых борозд в смежные борозды, там иногда колесо трактор прокручивались на месте.



Увлажнение борозды



Строительство кротовых дрен сразу после полива

Рис. 4.4.7 Меры по сокращению а возникновению преимущественного потока

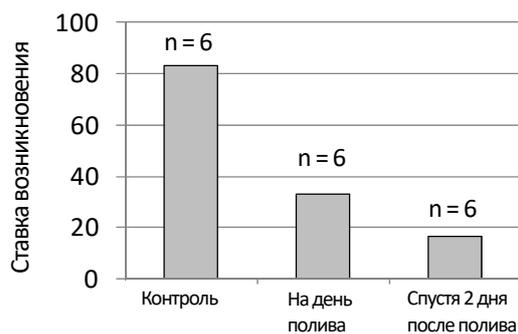


Рис 4.4.8 Возникновение преимущественного потока при различных условиях полива

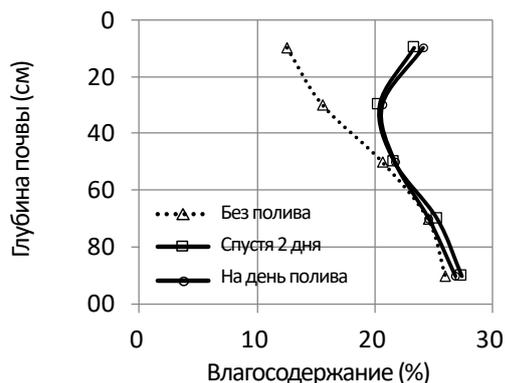


Рис 4.4.9 Влажность почвы после применения меры против преимущественного потока

#### 5) Применение кротодренажного агрегата для прокладки дренажной трубы

Кротодренажный агрегат может быть использован для прокладки трубы маленького диаметра. В полость, с поперечным сечением 10 см × 10 см, создаваемую кротодренажным агрегатом, может быть установлена труба маленького диаметра, для этого труба прикрепляется к боковому резаку рабочего органа. Пластмассовая труба с диаметром 50 мм и длиной 100 м была легко установлена на экспериментальном поле (Рис. 4.4.10). До укладки дренажной трубы нужно подготовить яму глубиной 1,0 м и направляющая труба большего диаметра, чем дренажная труба, вставляется в яму глубиной 1,0 м, чтобы предотвратить разрушение стен ямы.



Устройство для крепления трубы



Укладка дренажной трубы начинается с ямы (Труба большого диаметра – направляющая труда)



Укладка трубы



Труба (диаметром 50 mm), установленная в полость

Рис. 4.4.10 Установка трубы закрытого дренажа кротодренажной машиной

#### 4.5 Преимущества мелкого закрытого дренажа

Преимущества использования систем мелкого закрытого дренажа:

- После промывки инфильтрационная вода с высокой концентрацией солей отводится из поля.
- После промывки быстро падает уровни грунтовой воды.
- Улучшается послепромывочный эффект сокращения концентрации солей в почве.
- Увеличивается урожайность.

Относительно этих преимуществ следующие результаты наблюдались на экспериментальном поле:

##### 1) Дренирования промывочной воды

Уровень воды в дренажном канале в конце поля, куда выходит устье мелкого закрытого дренажа, был ниже устья дренажа, за исключением периодов составляющих несколько дней, когда инфильтрационная вода с высокой концентрацией солей отводится с поля во время промывки, пиковый уровень воды в дренажном канале был выше устья.

Основанный на наших наблюдениях промывки пол в два этапа, были оценены расход воды из устья и солесодержание отводимой воды (твёрдый остаток: TDS), во время периода наблюдения (47 дней). Во время промывки было удалено 1,5 т/га и 14,3 т/га солей (TDS) из поля (что, соответствует 3 % и 25 % TDS в горизонте 0-60 см) во время 1-го и 2-го этапов промывки соответственно (Таблица 4.5.1 и Рис. 4.5.1).

Таблица 4.5.1 Расход воды из устья

		Подача	Сток	
Расход воды (м <sup>3</sup> /га)	1-ый год*	3080**	350	11 % общей подачи воды вытекло с поля.
	2-ой год*	3880**	1590	41% of the total input flowed out of the field.
Удаленная соль, TDS (т/га)	1-ый год *	2,3***	3,8	1,5 т/га вытекло из поля.
	2-ой год *	3,3***	17,6	14,3 t/ha flowed out of the field.

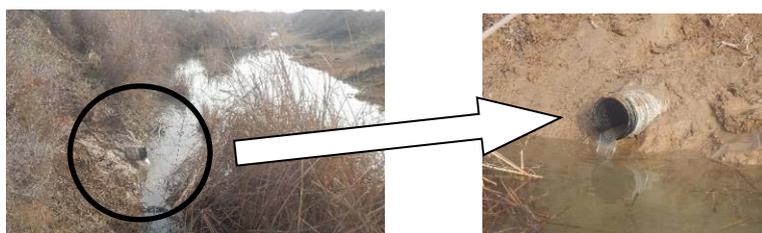
\* Время промывки: 1-ый год с 25 декабря 2015г. по 12 января 2016г., 2-ой год с 25 дек. 2016г. по 11 янв. 2017г.

\*\* Объем промывочной воды 1-ый год 2 500 м<sup>3</sup>/га, осадки 580 м<sup>3</sup>/га, 2-ой год 3,220 м<sup>3</sup>/га, осадки 660 м<sup>3</sup>/га

\*\*\* Соли (TDS) в промывочной воде и осадках



Экспериментальное поле после промывки



Устье дренажа на откосе дренажного канала

Рис. 4.5.1 Экспериментальное поле во время промывки и устье дренажа

## 2) Влияние на уровень грунтовой воды

Уровни грунтовой воды были ниже на поле, где система мелкого закрытого дренажа была применена, чем на контрольном поле после подачи промывочной воды.

Изменения уровня грунтовой воды после промывки были сравнены между тремя точками: Точка в стороне от поперечного дренажа (на расстоянии 40 м, Точка А); точка около кротового дрена (на расстоянии 2,5 м от него, Точка В); и точка рядом с поперечным дренажом (на расстоянии 3,6 м, Точка С). Промывка было выполнено с 3 по 5 января; средний уровень грунтовой воды в течение 10 дней после промывки составил 20 см ниже земной поверхности на точке А, 89 см на точке В, и 68 см на точке С; Уровни грунтовой воды на точках В и С были на 50-70 см ниже, чем на точке А (Рис. 4.5.2).

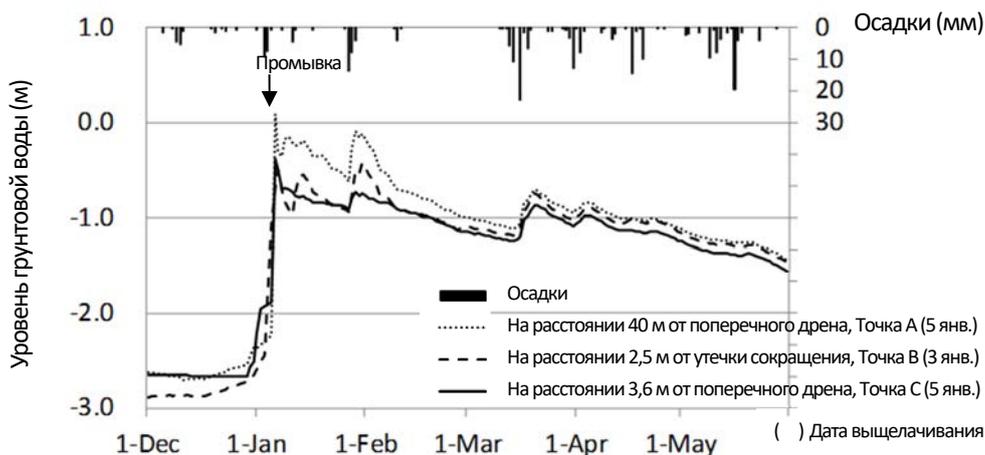


Рис 4.5.2 Изменения уровня грунтовой воды после промывки

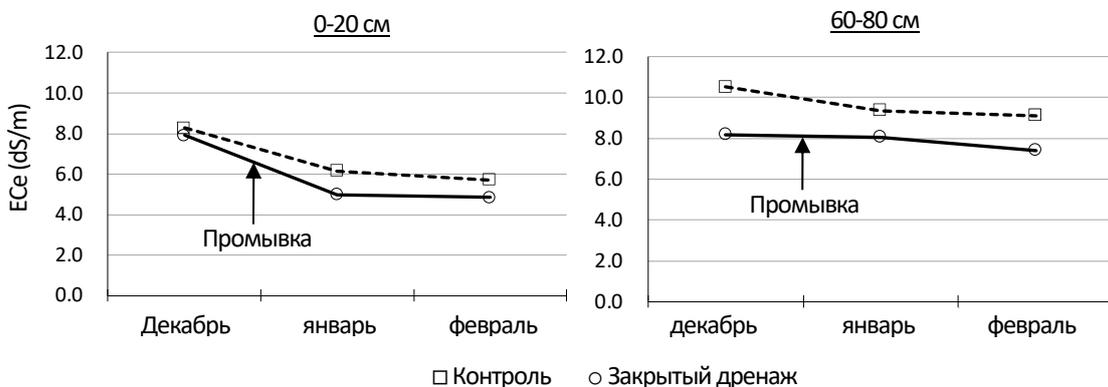
### 3) Сокращение засоленности почвы

При промывке было удалено больше солей из поверхностного слоя поля с мелким закрытым дренажом, чем на контрольном поле, но не повлияло на засоленность почвы в более низких слоях.

Засоленность почвы (ЕСе) в двух слоях почвы — поверхностном слое (0-20 см, в основной корневой зоне) и слое ниже кротового дрена (60-80 см), до промывки (в декабре), после промывки (в январе), и до посева (в феврале) представлены на Рис 4.5.3.

Засоленность почвы была последовательно ниже в поверхностном слое поля, с мелким закрытым дренажом (и глубокой вспашкой) по сравнению с контрольным полем. Сравнение между декабрем и январем, когда влияние промывки было ясным, показало, что сокращение ЕСе почвы на поле с мелким закрытым дренажом и контрольном поле составили 37 % и 26 %, соответственно (при условии, что в декабре было 100 %).

С другой стороны, в слоях ниже кротового дренажа (60-80 см), засоленность почвы была ниже на контрольном поле. Это может быть вследствие отвода фильтрационной воды промывки из поля, в котором была установлена система мелкого закрытого дренажа, таким образом сокращая объем проникающей вниз воды на этом поле.



Период промывки: 25 декабря 2015г по 9 января 2016 г.

Рис 4.5.3 Изменения в засоленности почвы до и после промывки

#### 4) Увеличение урожайности

Урожай хлопка был выше на поле с мелким закрытым дренажом, чем на контрольном поле.

Исследование влияния засоленности почвы на урожайность показало, что урожайность уменьшается с увеличением ЕСе почвы. В этом разделе рассмотрены результаты наших наблюдений взаимосвязи между ЕСе почвы и урожайности хлопка на трех экспериментальных полях в Сырдарьинской области (Фермерское хозяйство А, фермерское хозяйство В и фермерское хозяйство У, Рис. 4.5.4).

В среднем урожайность хлопка была 2,1 т/га (минимальная 0,3 т/га, максимальная 4,5 т/га), и ЕСе во время уборки урожая была 9,4 dS/m (минимальный 2,9 dS/m, максимальный 18,3 dS/m) (Рис 4.5.5). Хотя были некоторые изменения в данных, отрицательная корреляция наблюдалась между ЕСе почвы и урожайностью хлопка; В целом, увеличение на 1 единицу ЕСе почвы сокращало урожайность хлопка приблизительно на 4% (0,2 т/га). Хотя засоленность почвы не единственная причина сокращения урожайности, корреляция между ЕСе и урожайности хлопка, не наблюдалось, указывая на причастность других факторов кроме ЕСе в изменение урожайности.

В ф/х А и У, где система мелкого закрытого дренажа была внедрена, результат показал увеличение урожайности хлопка на 20 % (Рис 4.5.6).



Рис. 4.5.4 Карта местоположения участка исследования в Сырдарьинской области

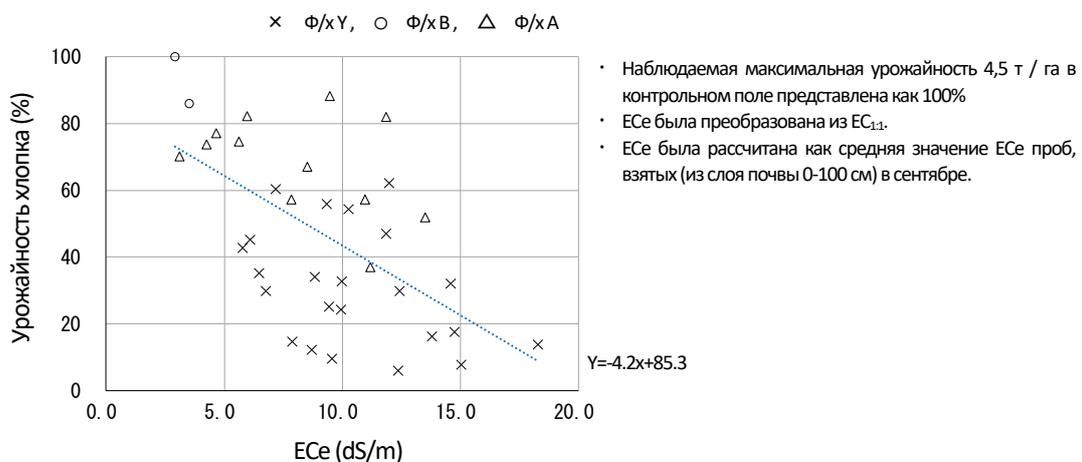


Рис 4.5.5 Концентрация солей в почве и урожайность хлопка (2016-2017)

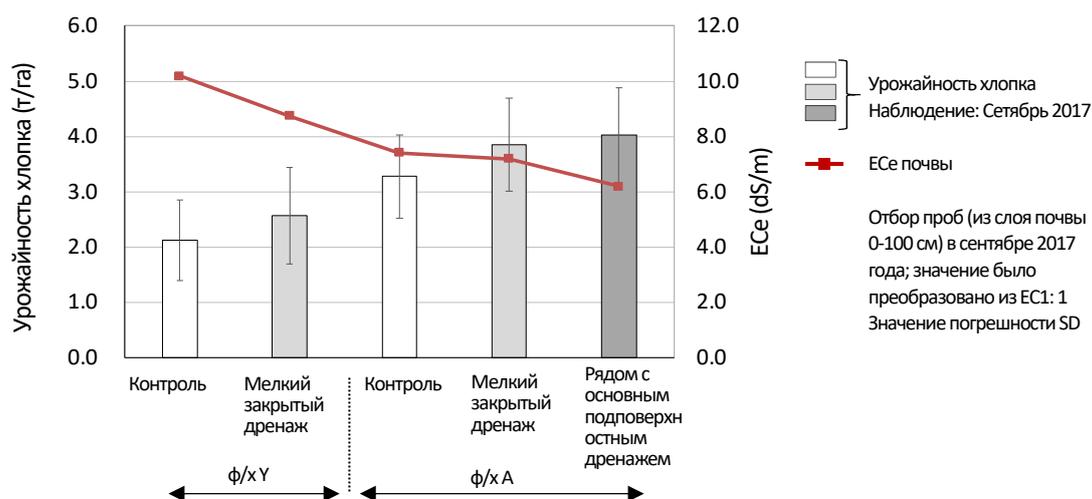


Рис 4.5.6 Урожайность хлопка на поле с закрытым дренажом

## Литература

- 1) Китагава Ивао, Такеучи Харунобе, Котани Харуо и Чива Ёшихико (2010г.) , Эффективность и применимость метода «Cutting Drain» при нарезки кротовых дрен, Trans. of JSIDRE, No.267, ст.11~16 (на японском языке)
- 2) Окуда Юкио, Гото Коки, Китагава Ивао (2015г.) , Эксперимент по уменьшению засоленности используя кротовые дрена в Узбекистане, Journal of JSIDRE, 83 (7) , ст.7~10 (на японском языке)
- 3) Министерством сельского хозяйства, лесоводства и рыболовства (МСЛР) Японии (2000г.) , Планирование и проектирование мелиорации земель, Планирования “Закрытого дренажа”, 184 (на японском языке)
- 4) Ассоциация по развитию горного сельского хозяйства (1989г.) , Закрытый дренаж вопросы и ответы, 468 (на японском языке)
- 5) С.К. Гупта, Руководство по закрытому дренажу для заболоченных засоленных почв (2013г.) , CSSRI, 353
- 6) Японский институт ирригации и мелиорации (JIID) (1993г.), Техническое руководство по проектированию дренажа

## Глава 5

### Резюме и рекомендации

Приемлимый уровень грунтовой воды или дренажной воды можно поддерживать, если существующая система дренажа полностью функциональна и объем подоваемой воды для промывки поля зимой контролируется. В случае, если вода находится на достаточно низком уровне, засоление можно уменьшить посредством эффективной промывки. Однако, в основном наблюдается расхождение между необходимым и текущим уровнями грунтовой воды или дренажной воды. Преодоление этого разрыва является важным для организаций, реализующих меры по мелиорации и научно-исследовательские институты, работающие над данным вопросом, должны играть важную роль. В то же время некоторые улучшения полевых условий были достигнуты усилием этих организации в достижение поставленных целей, но действительность такова, что все еще есть проблемные поля, над которыми нужно работать в будущем.

Это руководство рекомендует использовать мелкий закрытый дренаж для уменьшения засоление в полях с трудностями в достижении вышеупомянутой цели; в полях, где достигнуты не большие улучшения уровня грунтовой воды или дренажной воды; и в тех, где высокий риск накопления солей. Технология мелкого закрытого дренажа требует при использовании высокой плотности закладки перфорированных труб, что приводит к высокой себестоимости строительства; однако, мы предлагаем сократить эту стоимость использованием кротовых дрен, по технологии разработкой в Японии.

Мы провели исследование, чтобы определить, можно ли по технологии мелкого закрытого дренажа (комбинирующий основной закрытый дренаж и кротовые дрена) удалить соли, содержащиеся в мелкой грунтовой воде, предотвратить и способствовать мерам по удалению солей. Далее мы представляем резюме результатов, полученных во время полевых исследований. Поскольку эта была первая попытка использовать кротовые дрена, нарезанные кротодренажным агрегатом «Cut-drain», для удаления солей из почвы в засушливых районах, эксперимент был выполнен в определенной степени методом проб и ошибок.

#### **5.1 Метод комбинирования основного закрытого дренажа и кротовых дрен**

Даже если кротовые дрена создаются в почве с оптимальной степенью влажности, ножи кротодренажного агрегата могут образовывать вертикальные полости в почве. Большой объем воды может протечь через них в отверстия кротовых дрен и это становится преимущественным потоком. В результате отверстие кротового дрена разрушаются, почва заполняет отверстия дрен, что может привести к сокращению дренажной функции. Поскольку было бы нереалистично ожидать, что только кротовые дрена будут функционировать как мелкий закрытый дренаж, то будет более уместно объединить их с основным закрытым дренажом.

При объединении этих двух методов, как упомянуто в Главе 4.4.4, было бы экономично, если основной закрытый дренаж пересекался с кротовыми дренами под прямым углом. Чтобы было легче понять, можно представить комбинированную систему дренажа в форме скелет рыбы. Позвоночник рыбы это основной закрытый дренаж, а кротовые дрена это маленькие ребра, связанные с позвоночником. В данном случае желательно иметь основной закрытый дренаж расположенный перпендикулярно бороздам, а кротовые дрена параллельно бороздам. Обычно, в обрабатываемых землях однородный уклон или нет больших неровностей, семена культуры сеять на гребне борозды параллельно контуру земли. Поскольку поливная вода течет вдоль гребень от более высокой точки к более низкой точке, то вода в кротовых дренах тоже будет течь параллельно гребням борозды в направлении основного закрытого дренажа.

## 5.2 Меры предосторожности при использовании кротовых дрен

При использовании кротовых дрен «Cut-drains» в условиях засушливых регионов, по сравнению с использованием в Японии, существуют некоторые ограничивающие факторы, которые далее перечислены, их нужно учесть при строительстве кротовых дрен. Кроме того, в Сырдарьинской области для использования кротовых дрен, которые функционируют как мелкий закрытый дренаж, необходимо поддержать стабильность форм кротовин, необходимо принять меры по предотвращению преимущественного (инфлюкционного) потока воды и полива меньшими объемами воды.

- Рекомендуемое время для создания кротовых дрен

Если прокладка дрен проводится, когда влажность почвы низкая и почва твердая, то рабочий орган кротодренажного агрегата будет подскакивать вверх, когда трактор будет его тянуть, что приведет к более мелкой глубине нарезки кротовин, чем предусмотрено. Согласно результатам испытаний для нарезки кротовых дрен подходящая степень влажности почвы 10–18 %. Поэтому желательно создать кротовые дрена в марте или в апреле после периода дождей, но до того, когда поверхность почвы станет сухой, или самое позднее время до посева хлопчатника.

- Рекомендуемая глубина залегание дрен

Длина ножа кротодренажного агрегата, может регулироваться до глубины от 60 см до 120 см, путем выбора отверстий регулировки глубины, но если нож агрегата войдет слишком глубоко в почву, то увеличится сопротивление, и есть вероятность, что нож согнется. Когда мы создавали кротовые дрена на глубине 120 см, верхняя часть ножа стала деформироваться. Поэтому, высота ножа должна быть отрегулирован таким образом, чтобы отверстие кротового дрена было сформировано на глубине около 60-90 см от поверхности земли.

- Рекомендуемая длина кротового дрена и интервал между дренами

Хотя эта технология применяется не только в засушливых регионах, желательно создать дрена на выровненном поле, поскольку трудно поддерживать постоянную глубину кротовых дрен на полях с неровной поверхностью. Длина кротовых дрен может быть ограничена только топографией земли и глубиной основного закрытого дренажа, обычно длина создаваемых дрен до 200 м. Хотя стандартный интервал между дренами в Японии составляет 2,5-5 м, учитывая запланированный объем стока для закрытого дренажа, коэффициент проницаемости поля и толщину верхнего слоя почвы, интервал может быть рассчитан от 4 до 18 м.

- Долговечность кротовых дрен

Согласно инструкция по эксплуатации кротодренажного агрегата (Корпорации «Hokkai Koki»), срок службы отверстия кротового дрена в почве типа L (суглинок с глиняным содержанием 25–37,4 %) составляет 2 - 3 года, поэтому необходимо обновлять их каждые несколько лет. В Сырдарьинском регионе промывка полей проводится каждую зиму, большой объем воды будет проходить через отверстия кротовых дрен и следовательно полагаем, что это также сокращает их срок службы. Поскольку, уместно использовать кротовые дрена в комбинации с основным закрытым дренажом, то желательно восстанавливать кротовые дрена, когда расход воды через основной закрытый дренаж начнет сокращаться.

- Причины разрушения кротовых отверстий

На экспериментальных полях обвал отверстий кротовых дрен был вызван поливной водой, протекшей через вертикально сформированные полости в слоях почвы. Однако были случаи, когда отверстия кротовых дрен, обваливались, даже если полости не были обнаружены. Мы будем изучать, почему вертикальные полости формируются и почему происходит обвал отверстий кротовых дрен при их отсутствии тоже. Далее будут исследованы почвенные условия,

при которых можно использовать кротовые дрена, определены, подходящие типы почв и минеральный состав глины.

В Японии выявлено, что для использования кротовых дрена подходящим являются глинистая почва и торфяная почва, но не почве, которая высоким содержанием песка и ила. Механический состав почвы на экспериментальном поле приблизительно 15 % глина, 25% ил и 60% песок, это классифицируется как суглинок (L) и суглинок (CL) по определению Международного научного общества почвоведения. Хотя по Рис. 4.3.7 механический состав почвы на экспериментальных полях в пределах диапазона, который подходит для использования кротовых дрена, он находится, фактически, на граничной области. Но с другой стороны, согласно инструкции по эксплуатации кротодренажного агрегата (Корпорации Hokkai Koki, Приложение 2), почва, состоящая на 50 % или больше из песка с глиняным содержанием меньше чем 24,9 % (типы почвы S и SL по определению Японской Ассоциации сельскохозяйственного научного обществ) является неподходящими для кротового дренажа, это означает, что почва на экспериментальных полях не подходит для строительства кротовых дрена. Применение кротодренажного агрегата была нашей попыткой адаптировать к местным условиям на полях с более высоким содержанием глины (11–25 %), но отверстия кротовых дрена разрушились, когда поливная вода была применена. Формы разрушившихся отверстий были в основном закругленные без острых углов независимо от типа почвы, это указывает на то, что существует вероятность, что почти все отверстия кротовых дрена могут быть разрушены.

Экспериментальные поля находятся в Сырдарьинской области, геология которой является алеврито-глинистой породой с Третичного периода, который характеризуется высоким уровнем размокания и разбухания. Глиняные минералы характеризуются разбуханием, включают галлузит каолиновой группы, монтмориллонит, бейделлит и нонtronит смектитовой группы, и вермикулит. Поскольку трещины также наблюдаются на поверхности почвы после того, как она высыхает после полива, полагаем, что глиняные минералы в почве это монтмориллонит и бейделлит смектитовой группы.

Возможно, что формирование вертикальных полостей сразу после строительства кротовых дрена обусловлено сильным воздействием глиняных минералов во время процесса высыхания. Но с другой стороны, обвал отверстий кротового дренажа при отсутствии вертикальных полостей, предполагает, что это происходит вследствие влияния типа почвы или размокания, хотя не были найдены доказательства.

### 5.3 Себестоимость строительства мелкого закрытого дренажа

Стоимость строительства дренажа при комбинации основного закрытого дренажа и кротовых дрена представленного в Главе 4, раздел 4.4.2, получилось 2 970 000 сум/га (1050 долл. США/га). Разбивка показана ниже. Работы и материалы варьируются в зависимости от размеров и степени выравнивания поверхности поля, состояния соединения к открытому дренажу и др.

Позиция	1 000 сум/га
Земляные работы (раскопка/засыпание вынутым грунтом)	390
Материалы: Дренажный канал высокого порядка (перфорированная труба Ф100 мм, включая доставку)	1 250
Коллекторный дренаж (неперфорированная труба Ф100–150 мм, включая доставку)	630
Фильтрующий материал (рисовая шелуха, включая доставку и установку)	250
Строительство кротовых дрена (работа трактора, топливо, и т.д.)*	200
Аренда кротодренажного агрегата «Cut-drain»**	80
Прочие (оплата полевых разнорабочих)	170
Итого	2 970***

\* Расчеты основаны на опыте полевых работ (строительства в ноябре-декабре 2015г.)

\*\* Амортизация рассчитывается на основе срока службы оборудования в течение семи лет, при ежегодном использовании на земельной площади 50 га.

\*\*\* Обменный курс 2825 сум/долл. США на декабре, 2015г.

#### **5.4 Эффективность технологии мелкого закрытого дренажа**

Необходимы дальнейшие исследования относительно эффективности технологии мелкого закрытого дренажа для подтверждения надежности и воспроизводимости результатов. Результаты исследований получены спустя один год после начала экспериментального испытания и их резюме представлены далее.

- **Объем удаленной соли**

По результатам полевых испытаний, уровень удаления солей при использовании технологии мелкого закрытого дренажа, которая является комбинацией основного закрытого дренажа и кротовых дрен, был 3-25 % TDS на поле в сточных водах после процесса промывки. Так как не был установлен контрольный участок для сравнения результатов с экспериментального участка, то все еще необходимо получить подтверждение эффекта удаления солей по вышеупомянутой технологии. Когда вышеупомянутый результат был сравнен с 35,4 % TDS в сточных водах, полученных в лабораторном эксперименте по проницаемости (Глава 3 3.3), получилась большая разница. Так как, была только одна дрена на 4 га площади, возможно, что не вся вода от промывки была собрана в этой дрене, и вода просачивалась из других мест. Объем удаленной соли различен в зависимости от уровня засоленности каждого участка, поэтому трудно сравнить результаты между полевыми и лабораторными опытами.

- **Сокращение засоленности почвы**

По результатам полевых опытов, сравнение удаления солей в поверхностном слое почвы показало, что засоленность почвы после промывки была намного ниже на участке, где применялась технология мелкого закрытого дренажа, чем на участке, где эта технология не использовалась. Однако, это удаление солей не наблюдалось в более низких слоях почвы. Полагаем, что одна из причин этого была то, что вода в процессе промывки просачивалась в области вне участка, таким образом, что меньше воды проникало в более низкие слои.

- **Урожайность хлопка**

По результатам полевых опытов, увеличение урожайности хлопка наблюдалось на участке, где мелкий закрытый дренаж был введен, по сравнению с участком, где не применялся. Использование мелкого закрытого дренажа привело к 20%-ому увеличению урожая хлопка.

#### **5.5 Воздействие на окружающую среду территорий расположенных вниз по течению**

Существует вероятность, что соль, выпущенная с поля, где были предприняты меры по удалению солей, накопится в реке или на разных территориях, расположенных вниз по течению. Например, если соль будет сброшена в Аральское море, то это приведет к загрязнению окружающей среды Аральского моря. Если соль будет сброшена в реку Сырдарья, то засоленность может увеличиться на территориях расположенных вниз по течению, подвергая серьёзному риску увеличения ущерба от засоленности почвы на этих территориях. В регионе, где JIRCAS провел опыты, высвобожденная соль с полей, идет в Озеро Айдар (куль) а не в реку Сырдарья, таким образом, риск возникновения проблем, полагаем, был низок; однако, данный вопрос пока не был исследован.

## ОГЛАВЛЕНИЕ & СПИСОК АВТОРА

ВВЕДЕНИЕ	Дж. Ониши
Главы 1. ЗАСОЛЕНИЕ	Дж. Ониши
1.1    Что такое засоление?	
1.2    Механизмы засоления	
1.3    Классификация засоления	
Главы 2. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И УЛУШЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ	Дж. Ониши
2.1    Профилактические меры	
2.2    Меры по улучшению	
Глава 3. МОНИТОРИНГ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕЙ В ПОЧВЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИНЫ	К. Омори
3.1    Цель мониторинга и применяемые методы	
3.2    Исследуемые вопросы для определения причины накопления солей	
3.3    Причины накопления солей на экспериментальных полях	
Глава 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКОГО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ СОЛЕЙ НА ОРОШАЕМЫХ ПОЛЯХ	Ю. Окуда
4.1    Определение мелкого закрытого дренажа в данном руководстве	
4.2    Структура системы мелкого закрытого дренажа	
4.3    Проектирование и реализация мелкой закрытой дренажной системы	
4.4    Применение в засушливых районах (пример)	
4.5    Преимущества мелкого закрытого дренажа	
Главы 5. РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ	К. Омори Ю. Окуда
5.1    Метод комбинирования основного закрытого дренажа и кротовых дрен	
5.2    Меры предосторожности при использовании кротовых дрен	
5.3    Себестоимость строительства мелкого закрытого дренажа	
5.4    Эффективность технологии мелкого закрытого дренажа	
5.5    Воздействие на окружающую среду территорий расположенных вниз по течению	

## СОТРУДНИКИ

Авторы благодарны следующим частным лицам для их сотрудничества и проницательных комментариев которые помогли улучшить это руководство.

Имя	Организация
С. Турдиев	ФК Узбекистан
З. Альламуродов	ФК Узбекистан
Ш. Джуракулов	ФК (Сырдарья) Узбекистан
Ю. И. Широкова	Институт Научного исследования Ирригации и Водной проблемы Узбекистан
Г. К Палушовой	Институт Научного исследования Ирригации и Водной проблемы Узбекистан
Р. Курвонтоев	Гулистанский государственный университет Узбекистан
И. Китагава	Национальная Сельскохозяйственная и Продовольственная Исследовательская организация Япония

## Приложение 1

### 1. Предпосылки и история развития нарезных (безтрубных) кротовых дрен

В Японии растет необходимость увеличения производства горных культур, таких как соя, пшеница, и овощей; В то же самое время, частота и интенсивность непрерывных и обильных осадков в таких зонах увеличивается. Поэтому, дренирование сельхозугодий должно быть улучшено, что требует использования надежной и эффективной дренажной системы, как закрытый дренаж (состоящий из дренажной трубы и рисовой шелухи глубиной 1 м). Системы дренажа широко применяются в строительстве государственных сооружений; Однако, вовлечение сельскохозяйственных территорий в такие проекты было ограничено. Кроме того, эффективность закрытого дренажа уменьшается при длительном использовании, что является основной проблемой для фермеров, которые используют их.

Кротовые дрены и глубокое рыхление широко применяемая фермерами методика для улучшения производительности дренажа в своих полях, но эти методы отводят воду через пустоты и щели, сформированные без использования дополнительных материалов, они не могут достаточно осушить поле как закрытый дренаж, поскольку созданы в очень мелкой глубине. Это принудило фермеров искать все более простые и возможные решения для дренажа, которые столь же эффективны как обычный закрытый дренаж, строительство которого требуют дополнительных материалов.

Для решения этой задачи Институт сельского машиностроения (IRE), Национальная организация сельскохозяйственных исследований и Корпорация Hokkai Koki совместно разработали и пустили в коммерческое использование кротодренажный агрегат «Cut-drain», который может использовать уникальный способ нарезки почвы, для строительства устойчивых пустот для потока воды на глубине до 70 см без использования дополнительных материалов. Кроме того фермеры могут легко управлять этой машиной прикрепляя его к трактору. В настоящее время IRE и Hokkai Koki разъясняют преимуществам кротодренажного агрегата производителям.

### 2. Работа нарезных кротовых дрен и их влияние на сельскохозяйственное производство

Кротовые дрены, как и обычные закрытые дрена, на прямую отводят воду основной дренажный канал. Пиковый уровень расхода воды кротовых дрен равен 5 мм/ч, что эквивалентно обычному закрытому дренажу, и поэтому они функционируют эффективно также как традиционные закрытые дренажи. Установка кротовых дрен предотвращает затопления в периоды дождей, таким образом, помогает поддерживать окружающую среду, способствующую возделыванию земли, прорастанию семян и росту зерновых культур в ранний период развития растения. Кроме того, нарезной кротовый дренаж помогает выпрашивать горные зерновые культуры; например, у сои низкая толерантность к чрезмерной влажности (Фото 1). В подходящих почвах нарезной кротовый дренаж могут жизнеспособно увеличить горные урожайности на 5-40 %.



Поле с кротовыми дренами



Поле без кротового дренажа

Фотография 1 Эффективность кротового дренажа и его влияние на зерновые культуры

Источник: Китага Ивао (2016г.), Кротодренажный агрегат «Cut-drain» для легкого и быстрого строительства закрытого дренажа без материала, Сельское хозяйство и садоводство

Кротодренажный агрегат для нарезки  
котовых дрен

# Кротователь «Cut-drain»

— KCDS-01 —

(тип 1 комплектный рабочий орган)

## Инструкция по эксплуатации

Рекомендуются использовать  
следующие трактора:

- Гусеничные тракторы, 60 л.с. и выше;
- Колесные трактора (полный привод) 70 л.с. и выше

Оказываем профессиональную помощь сельскому хозяйству

***Hokkai KOKI***

Корпорация Hokkai Koki

Хоккайдо 099-1587, Китами-ши, Ходжи22-4

ТЕЛ.: 0157-36-6806 ФАКС: 0157-36-6809

## Введение

Спасибо за покупку нашего кротователя «Cut-drain».

- Не использовать Кротователь «Cut-drain» в любых других целях кроме описанных в данной инструкции по эксплуатации.
- Информация необходимая для сборки, эксплуатации и обслуживания Кротователя "Cut-drain" представлены в данной инструкции. Просим ознакомиться внимательно и изучить инструкцию для правильного и эффективного использования этой продукцией.
- Если возникнут любые вопросы или неясности, то свяжитесь, пожалуйста, с ответственным лицом по данному вопросу.

## Оглавление

- |  |        |
|--|--------|
| (1) Правила техники безопасности при эксплуатации -----                                  | 2      |
| (2) Название и методы сборки компонентов-----  | 3      |
| (3) Обслуживание и хранение оборудования-----  | 4      |
| (4) Меры предосторожности и метод правильного пользования<br>во время эксплуатации ----- | 5      |
| (5) Примеры выполнения строительных работ-----   | 6 - 8  |
| (6) Спецификация деталей-----  | 9 - 10 |
- Приведенные примеры и спецификация чертежей, комментарии или разъяснения в данном документе могут быть изменены или улучшены без предварительного уведомления.

## (1) Правила техники безопасности при эксплуатации



### Опасность/Предупреждение

- Тщательно прочитайте и ознакомьтесь с инструкцией по эксплуатации перед использованием кротователя; при не правильном использовании оборудования, ваши действия могут привести к смертельному исходу или к серьезным травмам.
- Всегда храните инструкцию рядом с оборудованием. Эксплуатация или обслуживание, основанное только на собственные предположения, может привести к непредвиденным несчастным случаям.
- Не использовать оборудование в других целях, кроме нарезки дрен.
- Не вносите техническую модификацию в оборудование.
- Если Вы предоставляете оборудование третьему лицу, то разъясните процедуру эксплуатации, назначения и особенности использования оборудования, обозначенные в этой инструкции. Вместе с оборудованием передайте и инструкцию.

### Перед началом работ

- не работать или участвовать в работе по укладке дерн при следующих условиях:
  - Если Вы - больны, устали или принимаете лекарство
  - Если Вы находитесь в состоянии алкогольного опьянения
  - Вы находитесь в плохом физическом состоянии по другим причинам
- Носите одежду, приспособленную для выполнения работы. Оборудованием может зацепить головные повязки, шарфы и полотенца вокруг пояса.
- Провести осмотр место работы, чтобы предотвратить несчастные случаи и повреждения. Не демонтируйте неразборчиво, если Вы не уверены, как сделать это, то обратитесь по поводу ремонта к нам или к агенту по техобслуживанию, близко расположенному к Вашему офису

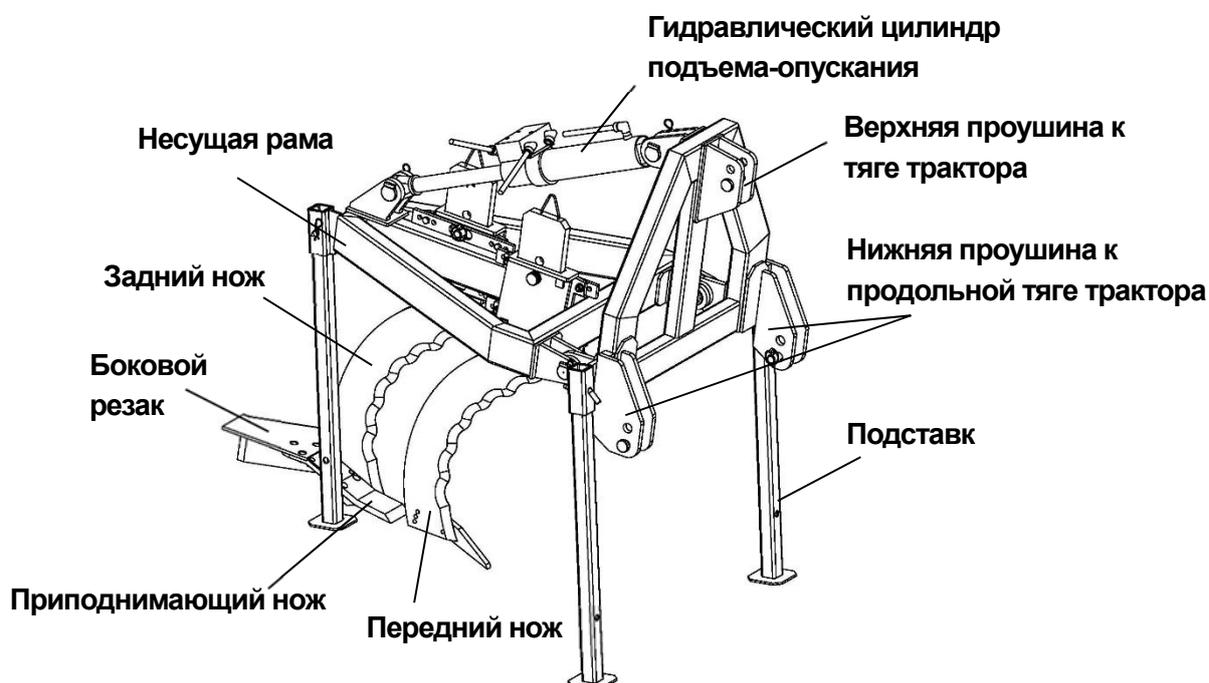
### Во время работ

- Следуйте инструкции по эксплуатации трактора и методам эксплуатации трактора.
- Если человек стоит между трактором и оборудованием, когда Вы перемещаете или устанавливаете/отделяете кротователь "Cut-drain", этот человек может быть захвачен между компонентами, которые могут привести к несчастному случаю.
- Не залезайте на раму или не ставьте другие предметы на нее.
- Не залезайте под оборудование или не ставьте ногу (ступню) под нее.
- Строго следите за детьми; не позволяйте им подходить близко к оборудованию

### После завершения работ

- При очистке, ремонте или осмотре оборудования, удостоверьтесь, что все движущиеся элементы остановлены.
- Если есть неполадки, то устраните (восстановите) их. Если неполадки останутся не устраненными, то они могут привести к затруднениям или к несчастному случаю в время использования оборудования следующий раз.

## (2) Название и методы сборки компонентов



### Опасность/Предупреждение

- Выберите ровную и твердую поверхность при соединении или разъединении кротователя «Cut-drain» и будьте предельно осторожны.
- Не позволяйте никому стоять рядом с трактором или между трактором и кротователя «Cut-drain».
- Не залезайте под кротователь или не ставьте Вашу ногу под нее.
- Будьте внимательны, чтобы избежать захвата механизмом вашей руки между частями, при сцеплении нижней части. Несоблюдение правил может привести к смерти или увечью.

### ◆ Процедура подсоединения (навеска)

1. Подсоедините оборудование к продольным тягам.
2. Подсоедините основную (центральную) тягу.
3. Соедините шланги гидроцилиндра для работы.
4. Поднимите агрегат, используйте подставки и установите или удалите компоненты.

5. Проверьте работает ли цилиндр.

### **(3) Обслуживание и хранение оборудования**



#### **Опасность/Предупреждение**

- Выберите место, которое не препятствует движению других и безопасное во время осмотра или обслуживания. Выберите ровное и твердое место, где машина не съезжает или скользит, и использует упоры для колес на передние колеса трактора.
- Поставьте на стояночный тормоз, переместите рычаг механизма коробки передач в "нейтральное" положение и остановите двигатель во время осмотра или обслуживания.
- Несоблюдение правил может привести к смерти или увечьям.

#### **◆ Осмотр ослабленных болтов, гаек и шлангов**

- Осмотрите, не ослабленные ли болты, гайки каждого компонента, особенно болты, на которые крепятся ножи.
- Проверьте, нет ли царапин или трещин на шланге гидравлического цилиндра.

## Меры предосторожности и метод правильного пользования

### во время эксплуатации



#### Опасность/Предупреждение

- Не позволяйте людям подходить близко к трактору и кротователю во время работы.
- ★ Не выполняйте вращательные действия установленными ножами во время управления трактором.

#### ◆ Для успешного выполнения работ

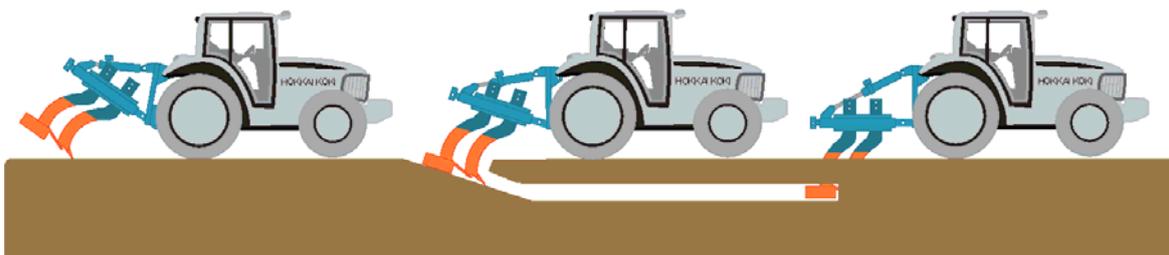
- Рекомендуемая скорость во время строительных работ трактора 2 - 4 км/ч.
- Стандартное расстояние (интервалов) между дернами от 2,5 до 5 м. (Эта норма может быть установлена в соответствии с ситуацией.)
- ★ Установите раму кротователя так, чтобы она была параллельна поверхности почвы во время работы, используя центральную тягу.

#### ◆ Применимые условия

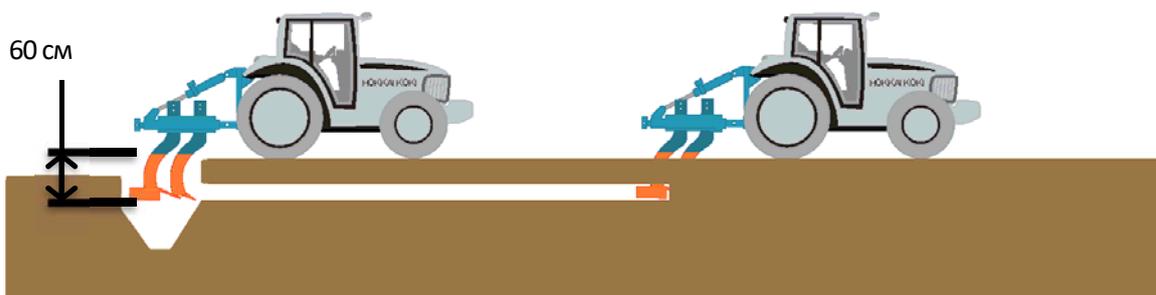
- Кротователь не применим, если состав почвы включает 50 % или больше песка или если структура почвы - S/SL (согласно методу японской Ассоциации сельскохозяйственных научных обществ). Если структура почвы - L, срок службы дренажа от двух до трех лет; При таких условиях, необходимо повторять строительные работы через несколько лет.
- Выполнение строительных работ, не возможно в слоях содержанием гравия или с частой галькой, размером более чем 5 см или корнями 5 см в диаметре.
- Кротователь в основном используется для переделанных полей, сельхозугодий и пастбищ.
- При затоплении рисового поля, дренажные отверстия должны использоваться как вспомогательный дренаж, соединяющийся с существующему дренажу.
- Строительные работы на рисовом поле должны быть выполнены в наклонном направлении или короткую сторону, с учетом соединения к существующему дренажу.

## Примеры выполнения строительных работ

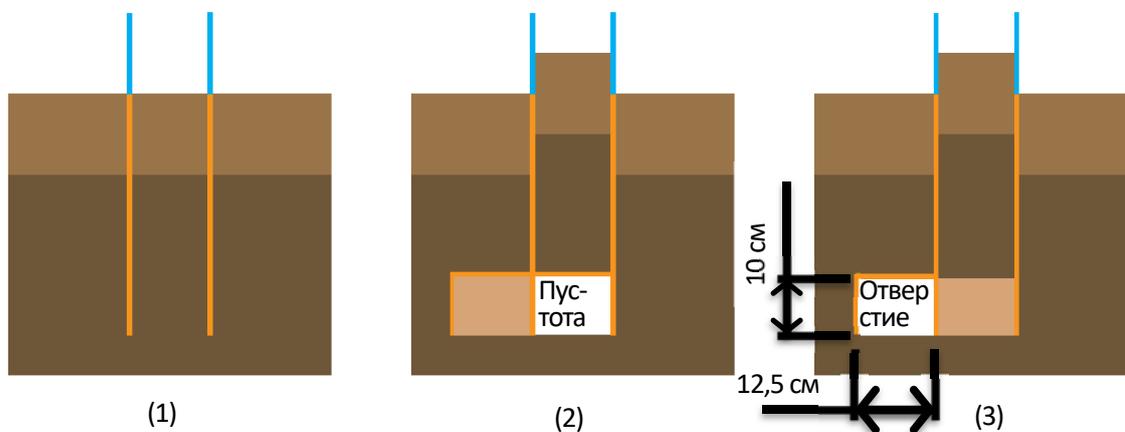
- (1) Как начать работать кротователем «Cut-drain» от поверхности почвы
1. Сократите гидравлический цилиндр.
  2. Расширяя цилиндр опустите кротователь.



- (2) Как начать работать кротователем «Cut-drain» от канавы (траншеи)
1. Опустить кротователь в канаву и начать работу.
- (Оранжевая часть заходит в глубину 60 см.)



[Вид профильного разреза кротового дрена]      Отверстие: 10×12,5 см



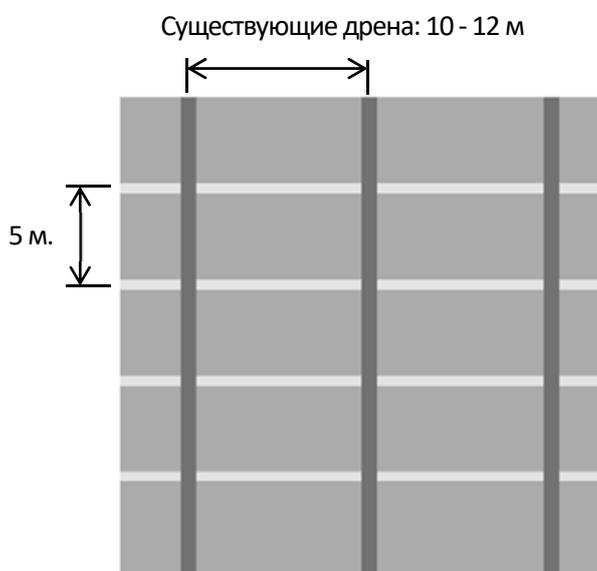
## ◆ Технология строительных работ

### (1) Когда уже есть существующие дрена

- Идеальный вариант выполнения работ может быть Примером 1 или Примером 2.
- Выполнение работ может быть начато в мелкой части, если залегание дренажа неглубокое (мелкое). Строительство также может быть в том же направлении, что и существующие дрена дренажа; соединения могут быть построены, пересекая под прямым углом в конечной части вниз по течению, где существующий дренаж становится глубоким

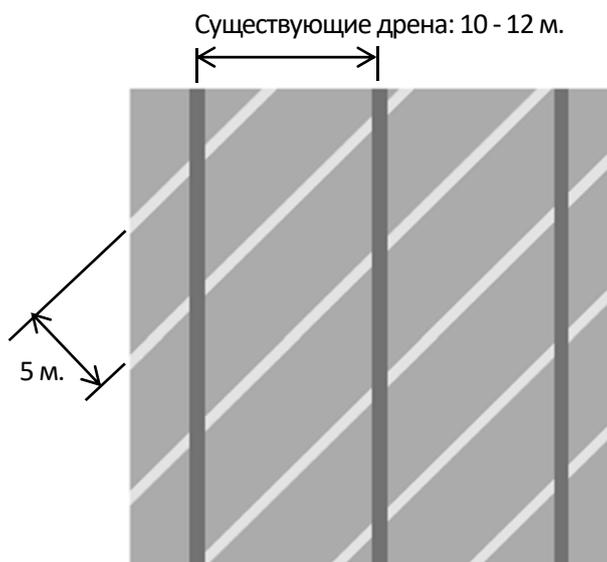
#### Пример 1: Строительства пересекая существующие дрена

При пересечении существующих дрена, идеальный интервал 5 м.



#### Пример 2: Строительства пересекая существующие дрена под углом 45 градусов

При пересечении существующих дрена под углом 45 градусов, рекомендуемый интервалы на 5 м.

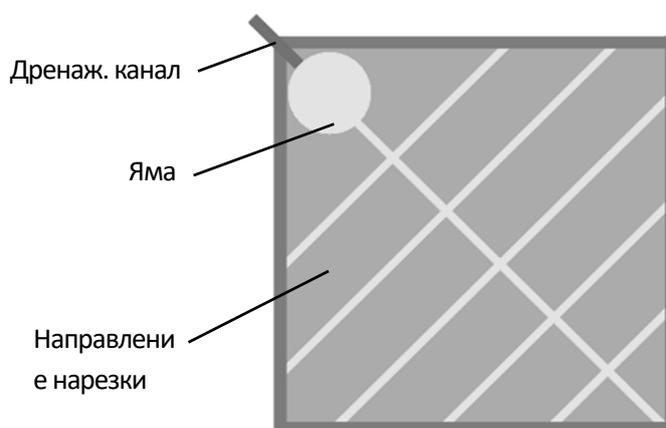


## (2) Когда нет существующих дрен

- Если открытый дренажный канал сделан из бетона или других материалов и устье закрытого дренажа не может быть сделано в нем, то нужно откопать большую яму около точки соединения открытых дренажных каналов (дренажных лотков) как на Примере 3 и затем создавать кротовые дрена начинаая от этой ямы. Сделайте маленькое отверстие в открытом дренажном канале для сброса воды из промежутка точки соединения дренажных лотков.
- Сделайте устье дренажа, на откосе открытого дренажного канала как показано в Примере 4.

### Пример 3: Если устье закрытого дренажа не может быть создано в открытом дренажном канал сделанного из бетона или других материалов

Выройте большую яму около точки соединения открытых дренажных каналов. Нарезьте кротовые дрена начинаая от этой ямы, чтобы создать устье дренажа.



### Пример 4: Улучшение устье дренажа

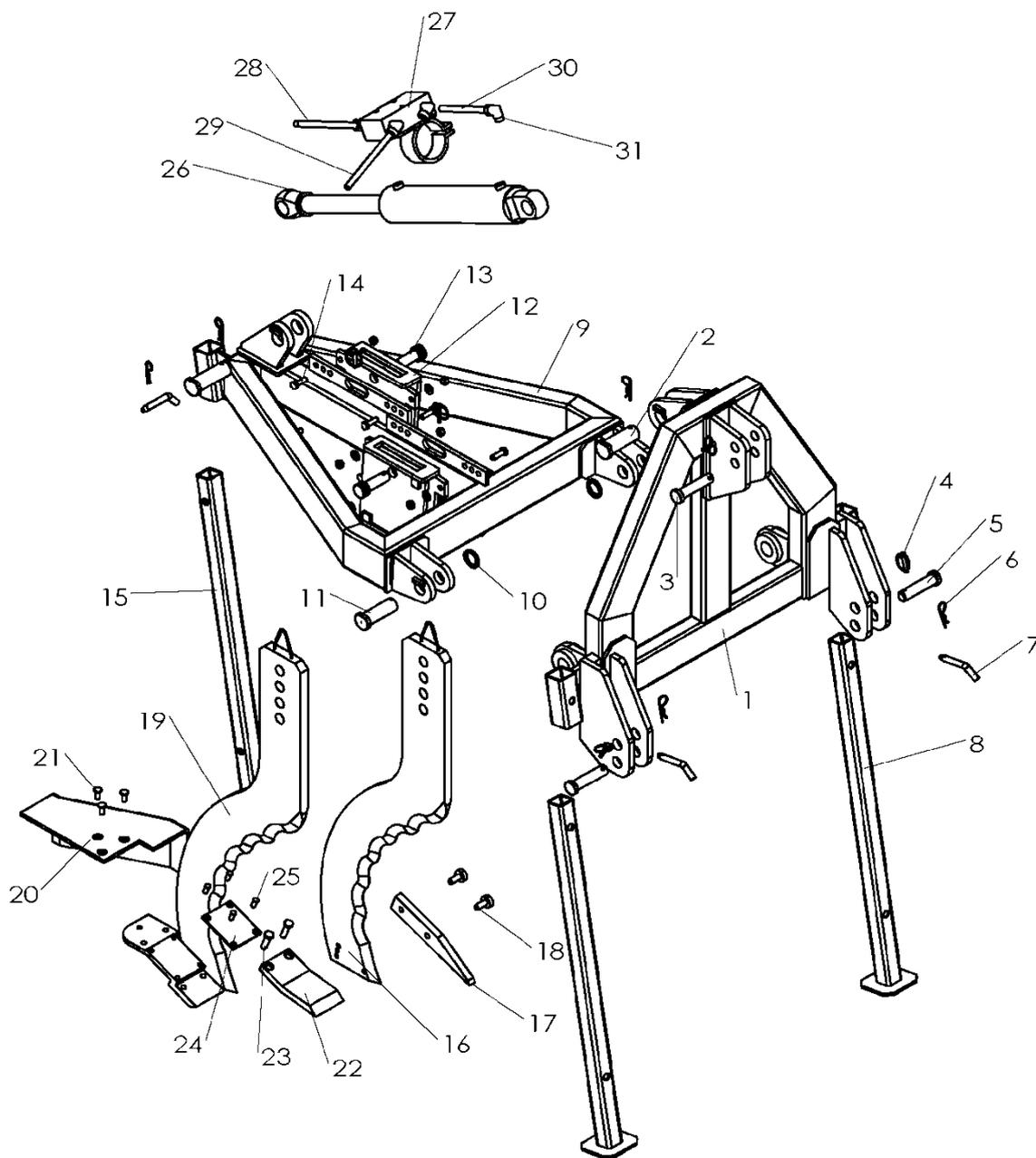
Поскольку устье это часть, которая самая наиболее легко разрушается, нужно вставить трубу из синтетической смолы (пластмассы) в выходное отверстие кротового дренажа (диаметром 50 - 75 мм) длиной около 2 м, чтобы обеспечить использования дренажа в течение длительного периода времени.



#### Другие особенности кротователя «Cut-drain»

- Может применяется, в чрезвычайных ситуациях, для отвода избыточной влаги локальных подтоплений (луж), вызванных непрерывным дождем
- Может быть использован, с учетом различных особенностей почвы и обрабатываемой земли в различных территориях

#### (4) Спецификация деталей



№	Код детали	Название детали	Количество	Цена за единицу	Примечания
1	KD-1-0001	Передняя рама	1		
2	KD-1-0002	Палец цилиндра	2		
3	KD-1-0003	Палец крепежа центральной тяги	1		
4	KD-1-0004	Чека	5		
5	KD-1-0005	Палец крепежа продольных тяг	2		
6	KD-1-0006	Шплинт (чека)	5		
7	KD-1-0007	Фиксирующий палец подставки	3		
8	KD-1-0008	Передняя подставка	2		
9	KD-1-0009	Несущая рама	1		
10	KD-1-0010	Кольцо (шайба)	2		
11	KD-1-0011	Палец, крепящий раму	2		
12	KD-1-0012	Держатель ножа	2		
13	KD-1-0013	Палец крепящий нож	2		
14	KD-1-0014	M12 болт с шестигранной головкой (18мм)	8		С шайбой и гайкой
15	KD-1-0015	Подставка для рамы	1		
16	KD-1-0016	Передний нож	1		
17	KD-1-0017	Фиксирующий нож	1		
18	KD-1-0018	M16 болт с плоской головкой (имбусовый ключ 10мм)	2		
19	KD-1-0019	Rear blade	1		
20	KD-1-0020	Side cutter	1		
21	KD-1-0021	M12 болт с плоской головкой (имбусовый ключ	3		С шайбой и гайкой
22	KD-1-0022	Приподнимающий нож	1		
23	KD-1-0023	M16 болт с квадратным подголовком	2		С шайбой и гайкой
24	KD-1-0024	Приподнимающая пластина	1		
25	KD-1-0025	M8 болт с гладкой головкой	4		С шайбой и гайкой
26	KD-1-0026	Гидравлический цилиндр	1		
27	KD-1-0027	Обратный клапан	1		
28	KD-1-0028	Гидравлический шланг А	1		3/8, 500 мм
29	KD-1-0029	Гидравлический шланг В	1		3/8, 1950 мм
30	KD-1-0030	Гидравлический шланг С	1		3/8, 2050 мм
31	KD-1-0031	Соединитель (фитинг)	2		3/8
32	KD-1-0032	Специальная распылительная краска	1		Голубого цвета



Japan International Research Center for Agricultural Sciences  
<https://www.jircas.go.jp/>  
1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8686 Japan  
Tel: +81-29-838-6688, Fax: +81-29-838-6693



Farmers' Council  
1A, Ravnaq Street, Tashkent, Uzbekistan  
Tel: +99871 267 4094, Fax: +99871 268 1845