

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

На правах рукописи

КЛИМОВА ГАЛИЯ РАУФОВНА

УДК 631.445.52

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВУХСТАДИЙНОЙ ПРОМЫВКИ  
ТРУДНОМЕЛИОРИРУЕМЫХ СИЛЬНОЗАСОЛЕННЫХ  
ПОЧВ

Специальность 06.01.02 - Мелиорация и орошаемое  
земледелие

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Ташкент - 1986

*Уважаемому Кадару Чалбардыевичу с огромной благодарностью за поддержку и материальных помощи при выполнении работы в Среднеазиатском ордена Трудового*

Красного Знамени научно-исследовательском институте ирригации имени В.Д.Журина (САНИИРИ).

Научный руководитель – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
В.И.БОБЧЕНКО

Официальные оппоненты: заслуженный ирригатор УзССР, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
С.М.КРИВОВЯЗ

кандидат технических наук, доцент  
О.П.ТАТУР

Ведущая организация – Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт по ирригационному и мелиоративному строительству "Средазгипроводхлопок" им.А.А.Саркисова.

Защита состоится "22" января 1987 г. в 14<sup>00</sup> час. на заседании Специализированного совета Д.099.02.01 по присуждению степени доктора наук.

Адрес: 700187, г.Ташкент, массив Карасу-4, дом 11, САНИИРИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "19" декабря 1986 г.

Ученый секретарь  
Специализированного Совета,  
доктор биологических наук,  
профессор

К.П.ПАГАНЯС

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Долговременной программой мелиорации, принятой на октябрьском Пленуме ЦК КПСС (1984 г.) и "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года", утвержденными на XXVII съезде КПСС, намечено увеличить площадь орошаемых земель в хлопковой зоне до 8,5...9,0 млн. га.

Получение планируемой урожайности сельскохозяйственных культур в аридной зоне во многом зависит от степени засоления почвогрунтов. Исключительно важную роль в борьбе с засолением играет регулирование водно-солевого режима почвогрунтов, которое может быть достигнуто промывками и соответствующим режимом орошения на фоне систематического дренажа.

Несмотря на широкое применение промывок, вопросы, связанные с освоением трудномелиорируемых сильнозасоленных почв, требуют детального изучения и дальнейшего совершенствования технологии промывок. В настоящее время площадь трудномелиорируемых сильнозасоленных земель в Узбекистане составляет 200...230 тыс.га.

В связи с этим разработка, обоснование и внедрение эффективной технологии и техники промывки трудномелиорируемых сильнозасоленных почв становятся особенно актуальными.

Цель работы – исследование и обоснование мелиоративной эффективности двухстадийной промывки трудномелиорируемых сильнозасоленных почв на основе комплекса теоретических, лабораторных и натуральных экспериментов и разработка технологии ее проведения.

Основные задачи исследований:

- изучить процессы рассоления и закономерности солеотдачи трудномелиорируемых сильнозасоленных почв в зависимости от скорости фильтрации промывной воды;
- оценить мелиоративную эффективность двухстадийной промывки;
- разработать методику расчета и технологию проведения двухстадийной промывки;
- обосновать технико-экономическую эффективность двухстадийной промывки.

Методы исследований – физическое моделирование процесса промывки, натурное изучение пространственной качественно-количественной взаимосвязи гидродинамического и гидрохимического процессов формирования фильтрационного потока и рассоления почвогрунтов при

капитальной промывке, аналоговое и численное моделирование гидродинамической характеристики фильтрационного потока при промывке.

Достоверность полученных результатов оценена методами математической статистики с применением ЭВМ.

**Научная новизна.** Выявлена связь солеотдачи трудномелиорируемых сильнозасоленных почв со скоростью фильтрации промывной воды. Для расчета промывной нормы модифицирована формула В.Р.Волобуева, учитывающая образование вторичных солей. Обоснована мелиоративная эффективность двухстадийной промывки в условиях тяжелых сильнозасоленных почв. Разработаны методика расчета и технология проведения двухстадийной промывки, которая позволяет ускорить равномерное рассоление почвогрунтов, сократить продолжительность промывки и уменьшить промывную норму.

**Практическая значимость.** Исследования проводились с 1972 по 1983 годы и являются составной частью научно-исследовательских работ по проблеме 0.52.01 плана ГКНТ СССР. На их основе разработана новая технология капитальной промывки трудномелиорируемых сильнозасоленных почв — метод двухстадийной промывки.

**Реализация и внедрение работы.** Метод двухстадийной промывки включен в проектные разработки института Средазгипроводхлопок им. А.А.Саркисова. Производственное внедрение осуществлено трестом "Янгиерводстрой" Голодностеплестроя в новой зоне орошения и освоения юго-восточной части Голодной степи на площади 2000 га в 1982...1983 гг. Годовой экономический эффект при применении метода двухстадийной промывки составляет 202,1 руб./га.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях ВНИИГМ (г.Москва, 1974), САНИРИ (г.Ташкент, 1980, 1981), а также на заседаниях ученого Совета секции мелиорации орошаемых земель и водохозяйственных проблем САНИРИ.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 6 работ.

**Структура и объем.** Диссертационная работа изложена на 120 страницах машинописного текста, иллюстрируется 42 рисунками и 29 таблицами и состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 177 наименований, приложения на 33 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе на основе изучения и анализа существующих методов капитальных промывок трудномелиорируемых сильнозасоленных земель установлена возможность повышения эффективности технологии капитальной промывки и разработана схема их проведения.

Научному обоснованию мелиорации засоленных земель посвящены работы А.Н.Костякова, Л.П.Розова, В.А.Ковды, С.Ф.Аверьянова, В.Р.Волобуева, В.В.Егорова, И.И.Айдарова, В.М.Легостаева, Н.Ш.Решеткиной, Н.Г.Минашиной, П.С.Панина, А.А.Рачинского, А.К.Бехбудова, В.А.Духовного, В.И.Бобченко, Н.Ф.Беспалова, Х.И.Якубова и др.

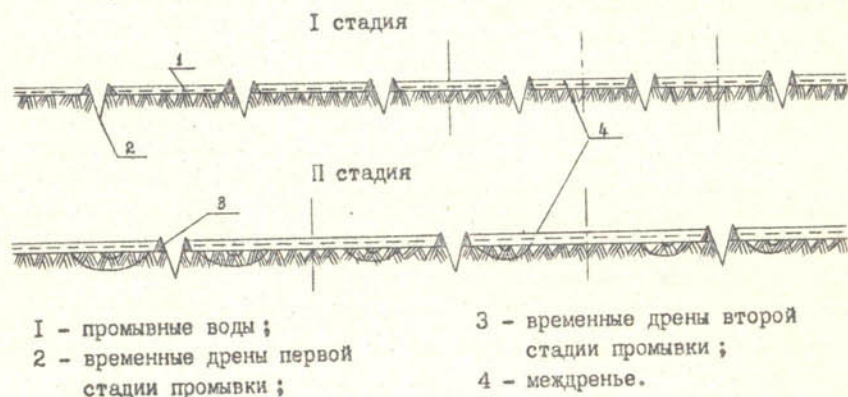
Для ускорения процесса рассоления трудномелиорируемых земель предлагаются различные методы: гидротехнические, физико-технические, химические, агротехнические и гидробиотехнологические. Эти методы направлены на усиление фильтрационной способности почв, увеличение их солеотдачи и снижение затрат оросительной воды и сроков промывки.

Анализ современного состояния изученности вопроса технологии и техники капитальных промывок тяжелых сильнозасоленных земель показал, что наиболее эффективным на фоне постоянного дренажа является временный мелкий дренаж в сочетании с методами, повышающими эффективность промывки. Однако при этом 25-30 % площади, занятой под валиками временных дрен, остается недопромывтой.

В целях совершенствования технологии рассоления сильнозасоленных трудномелиорируемых земель предлагается метод двухстадийной промывки. Суть его заключается в загущении временного дренажа на первой стадии промывки с целью обеспечения достаточной равномерности и интенсивности скоростей фильтрации на промываемой площади. Однако из-за низких фильтрационных свойств почв при промывке с временным учащенным дренажем не устраняется остаточное засоление полос, занятых отвалами вдоль временных дрен. Для допромывки этих полос проводится вторая стадия промывки, при этом временные дрены располагаются посередине каждого второго междурья первой стадии промывки (рис.1).

Предлагаемая технология промывки с применением загущенного временного дренажа не изучена. В связи с этим возникла необходимость проведения теоретических и натурных гидродинамических и ги-

дрохимических исследований при капитальной промывке, позволяющих разработать технологию двухстадийной промывки трудномелиорируемых сильнозасоленных почв.



- I - промывные воды ;  
 2 - временные дрены первой  
 стадии промывки ;  
 3 - временные дрены второй  
 стадии промывки ;  
 4 - междренье.

Рис. I Метод двухстадийной промывки

Во второй главе обоснован выбор объекта исследований, дана его характеристика, а также приведена методика экспериментальных работ.

Опытно-производственный участок выбран в юго-восточной части новой зоны орошения Голодной степи на территории совхоза им. Ю.А.Гагарина. По своим рельефным, гидрогеологическим, почвенным условиям земли ОПУ типичны для 30 % (177, 0 тыс. га) территории Джизакской и Голодной степей, по фактору засоления - для 22,4 % (130 тыс. га).

Почвы участка сероземно-луговые, по классификации Н.А.Качинского относятся к средне- и тяжелосуглинистым. Объемная масса возрастает с глубиной: от 1,36 (20 см) до 1,73 г/см<sup>3</sup> (80 см), а с глубины 70...80 см - уменьшается до 1,62 г/см<sup>3</sup> (1,5 м). Удельная масса колеблется от 2,71 до 2,84 г/см<sup>3</sup>. Наименьшая влагоемкость составляет 37...40 % к объему, коэффициент водоотдачи в среднем равен 0,08. Коэффициент фильтрации почвогрунтов для слоя 0...1 м находится в пределах 0,03...0,06 м/сут, для слоя 1...4 м - 0,05...0,12 м/сут.

Сумма токсичных солей в 4-метровой толще колеблется в пределах 0,7...1,9 %, содержание хлоридов 0,14...0,4, сульфатов - 1,2...1,9 % от веса сухой почвы. Тип засоления преимущественно хлоридно-сульфатный, реже сульфатно-хлоридный.

Согласно классификации В.В.Егорова и Н.Г.Минашиной почвы опытного участка относятся к гипсоносно-солончаковым, сильногипсоносным, мощногипсованным и очень сильнозасоленным.

Грунтовые воды сильно минерализованы (40...60 г/л), химический состав - хлоридно-сульфатно-магниевно-натриевый.

Процессы рассоления трудномелиорируемых сильнозасоленных земель в зависимости от скорости фильтрации изучали в лизиметрах.

Конструктивно лизиметр представляет собой монолит почвогрунта размером 20x20x100 см, заключенный в металлический кожух несколько большего сечения (0,053 м<sup>2</sup>). Лизиметры оборудованы пьезометрами через каждые 25 см, в нижней части их находился песчано-гравийный фильтр с дренажной трубкой. Исследования в трехкратной повторности проводились при постоянном 10-ти сантиметровом слое воды и градиентах напора: 5; 1; 0,7; 0,3; 0,2; 0,1; 0,05 и 0,01. Необходимые градиенты напора устанавливали изменением высоты дренажной трубки. Для создания высоких градиентов напора  $\mathcal{J} = 5$  над поверхностью лизиметра была установлена напорная труба высотой 4 м.

В процессе опыта велись наблюдения за элементами водного и солевого баланса. Результаты анализов фильтрата в гипотетические соли пересчитывали по методике Н.И.Базилевич и Е.И.Панковой. Параметры солеотдачи  $\alpha$  определены по формуле В.Р.Волобуева. Для расчета параметра коэффициента конвективной диффузии  $\mathcal{D}^*$  использовано решение Л.М.Рекса.

Натурные исследования проведены на ОПУ площадью 78,0 га по двум вариантам: двухстадийной промывкой и по существующей технологии длительным сплошным затоплением (контроль) при одних и тех же параметрах постоянного закрытого горизонтального дренажа глубиной 3,0...3,5 м и междренним расстоянием 125 м. Временные дрены на первой стадии промывки (I вариант) нарезали через 10 м, на контроле - через 20 м глубиной 0,8...1,0 м.

На ОПУ натурные исследования проводились путем систематических наблюдений за режимом грунтовых вод, динамикой дренажного стока, водоподачей, засоленностью расчетного слоя почвогрунтов. Гидродинамическая характеристика фильтрационного потока при промывке

по вариантам опыта получена наблюдениями по пьезометрической сети, моделированием на ЭГДА и численным методом. При стационарном режиме промывки определены скорость инфильтрации на разном удалении от оси временной дрены и средняя скорость инфильтрации в чеке. Водно-солевой баланс участка по вариантам опыта составлен по уравнению С.Ф.Аверьянова.

В третьей главе установлена закономерность солеотдачи почв в зависимости от скорости фильтрации промывной воды с помощью метода физического моделирования процесса промывки.

Исследованиями фильтрации в данных почвогрунтах установлено наличие начального градиента  $\mathcal{L}_0$ . Выявлено, что при установленных градиентах напора от 0,1 до 5,0 движение жидкости происходит в соответствии с законом Дарси. При значениях градиентов напора от 0,05 до 0,08 наблюдалась пульсирующая фильтрация. При уменьшении градиента напора от 0,05 до 0,01 движение жидкости отсутствовало, а следовательно и не наблюдалось фильтрации. Таким образом, в почвогрунтах, представленных по механическому составу тяжелыми суглинками, фильтрация наблюдается, если начальный градиент напора  $\mathcal{L}_0$  больше 0,05.

Моделирование процессов промывок при различных градиентах напора позволило установить и обосновать оптимальную скорость фильтрации, при которой затраты промывной воды будут минимальны и одновременно сокращается продолжительность промывки.

Промывка в каждом варианте опыта велась до получения минерализации фильтратов 4...5 г/л при водоподаче от 18,9 до 20,0 тыс. м<sup>3</sup>/га и продолжительности от 8,5 до 250 сут. Определена активная промывная норма при минерализации фильтрата 9,0 г/л, которая соответствует при полной влагоемкости почвогрунтов предельному значению содержания токсичных солей - 0,3 % (табл. I).

Наиболее высокая минерализация фильтрата наблюдалась в лизиметрах при наименьшей скорости фильтрации и наоборот. В процессе промывки минерализация фильтратов снижалась с различной интенсивностью от максимальной в начале до минимальной - в конце (рис. 2).

Отмечено, что наряду с изменением общей минерализации фильтратов ярко выражены различия в их химическом составе. Анализ процесса солеотдачи сульфатнозасоленных почв показал, что высокая концентрация сернокислых солей натрия и магния в первых пробах фи-

Таблица I

Зависимость элементов водного баланса от скорости фильтрации

| Ва-<br>ри-<br>ант<br>опы-<br>та | Гра-<br>ди-<br>ент<br>на-<br>по-<br>ра | Ско-<br>рость<br>фильт-<br>ра-<br>ции,<br>м/сут | Приходная<br>статья,<br>м <sup>3</sup> /га | Расходные<br>статьи,<br>м <sup>3</sup> /га | Удержан-<br>но по<br>чвой,<br>м <sup>3</sup> /га | Промывная норма, продолжительность |               |               |               |     |
|---------------------------------|--|---|--|--|--|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----|
|                                 |  |   |  |  |  | общая                              | актив-<br>ная | опыта,<br>сут | актив-<br>ная |     |
| 1                               | 5                                      | 0,25  | 20000                                      | -  | 16500  | 2960                               | 20000         | 16500         | 8,5           | 5   |
| 2                               | 1                                      | 0,05  | 19900                                      | 840  | 16640  | 2420                               | 19060         | 15200         | 55            | 40  |
| 3                               | 0,7                                    | 0,035   | 18900                                      | 900  | 15570  | 2430                               | 18000         | 14000         | 63            | 45  |
| 4                               | 0,3                                    | 0,015   | 19130                                      | 2130                                       | 14200  | 2350                               | 17000         | 12400         | 120           | 85  |
| 5                               | 0,2                                    | 0,010   | 19450                                      | 2950                                       | 13900  | 2600                               | 16500         | 11100         | 180           | 100 |
| 6                               | 0,1                                    | 0,005   | 20020                                      | 4020                                       | 13200  | 2800                               | 16000         | 10400         | 250           | 165 |
| 7*                              | 0,05                                   |   |  |  |  |                                    |               |               | 250           | -   |
| 8*                              | 0,01                                   |   |  |  |  |                                    |               |               | 250           | -   |

пульсирующая инфильтрация отсутствует

\* Варианты 7 и 8 в дальнейшем не рассматриваются.

льтрата обуславливается значительной насыщенностью коллоидов солончаков поглощенным натрием и магнием, которые в процессе промывки интенсивно вытесняются кальцием гипса и карбонатов, образуя вторичные соли. О высокой интенсивности этого процесса в промываемых почвах можно судить по снижению величины отношения натрия к щелочно-земельным элементам: в первых пробах фильтрата — 9,07... 9,85, а к концу промывки уменьшается до 0,63...0,82.

В результате проведения промывок при различных фильтрационных условиях установлена количественная зависимость между объемом фильтрата и выносом солей (рис.3), а также выявлены особенности удельной солеотдачи почв. Исследования показали, что, чем меньше скорость фильтрации, тем выше удельная солеотдача почв. Высокая интенсивность выщелачивания солей при низких скоростях фильтрации объясняется повышением насыщения фильтрата почвенными солями, что связано не только с увеличением длительности контакта почвы с водой, но и повышенной интенсивностью обменных реакций.

В то же время установлено, что независимо от различий условий фильтрации (в опытах скорость фильтрации изменялась в широком диапазоне от 0,25 до 0,005 м/сут) механизм вымывания солей одинаков, что подтверждает общую закономерность их выщелачивания из почвогрунта. В первую очередь легко вымываются хлориды (объем профильтровавшейся воды — 8...10 тыс.м<sup>3</sup>/га), затем сульфаты натрия и магния (10...12 тыс.м<sup>3</sup>/га). Труднее всего вымываются гипс и карбонаты, так как постоянное присутствие в фильтратах в течение всей промывки сульфат-иона препятствует растворению гипса.

На основании составленного солевого баланса установлено, что расчетное исходное засоление ( $S_i$ ), определенное как сумма солей, выносимых фильтратами ( $S_{\phi}$ ) и оставшихся в почве после промывки ( $S_o$ ), превышает исходное засоление, оцененное методом водных вытяжек ( $S_i^{88}$ ). При этом поправочный коэффициент "К" по сумме токсичных солей зависит от скорости фильтрации и варьирует в пределах 1,39...1,85, что в среднем составляет 1,68 (табл.2).

При определении промывных норм исходное засоление почв, как правило, определяют, используя метод водных вытяжек. Однако, как показали результаты наших и других исследований (П.С.Панин, 1968; Я.Д.Калинин, 1974; Ю.Е.Митронькин, 1980) при этом не учитывается действительное количество солей, извлекаемых из почвы.

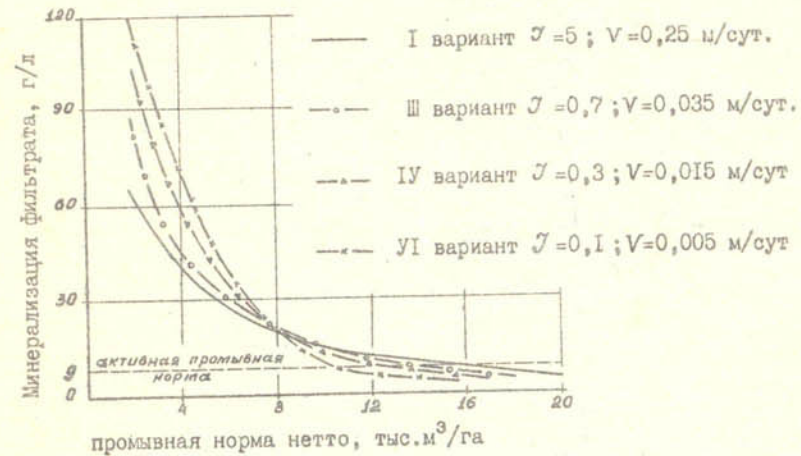


Рис. 2 Изменение минерализации фильтратов (г/л) в зависимости от промывной нормы нетто (тыс.м<sup>3</sup>/га) по вариантам опыта.

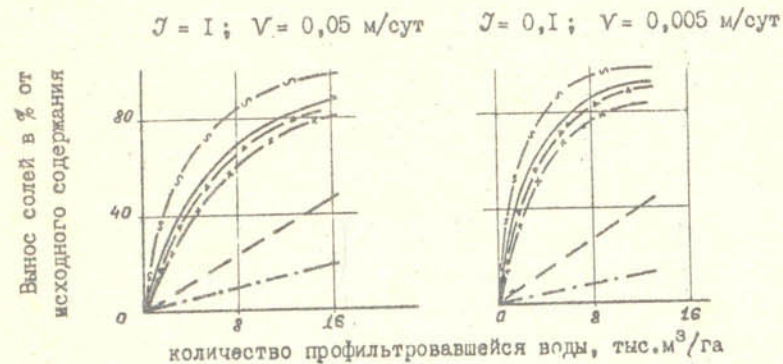


Рис. 3 Интенсивность выщелачивания солей в почвогрунтах:  
 - - -  $Ca(HCO_3)_2$ ; - - -  $CaSO_4$ ; - - -  $MgSO_4$ ;  
 - - -  $Na_2CO_3$ ; - - -  $NaCl$ ;  
 — токсичных солей.

Учитывая, что  $S_i = K S_i^{08}$ , где  $K = 1,68$ , (1)  
запишем формулу В.Р.Волобуева в виде

$$N = \left( \lg \frac{S_i^{08}}{S_0} + 0,225 \right) \quad (2)$$

где  $\alpha$  - показатель солеотдачи, определяемый по зависимости (3).  
Промывная норма, вычисленная по формуле (2), имеет хорошую сходимость с величиной, определенной экспериментально. Различия не превышают 8,5 %.

Анализ солевого баланса показывает, что во время промывки из почвы выносятся первичные и вторичные соли.

Сравнение теоретического количества всех вторичных солей с фактически полученным в опытах показало, что с уменьшением скорости фильтрации и увеличением продолжительности промывки разница между ними сглаживается. При скорости фильтрации 0,05 м/сут и продолжительности промывки 55 сут эта разница составляет 113,7 т/га (44,8 % от теоретического количества), а при скорости фильтрации 0,005 м/сут и продолжительности промывки 250 сут она уменьшается до 17,5 т/га (7 %).

Скорость фильтрации промывной воды влияет на интенсивность выщелачивания солей. При этом параметры солепереноса (показатель солеотдачи  $\alpha$  и коэффициент конвективной диффузии  $D^*$ ) не являются величинами постоянными, а зависят от скорости фильтрации.

На основании статистической обработки получены регрессионные зависимости параметров солепереноса ( $\alpha$  и  $D^*$ ) от скорости фильтрации промывной воды

$$\alpha = 0,74 + 0,24 \lg V \quad \alpha_0 = 0,96 \quad \text{при } 0,005 \leq V \leq 0,25 \quad (3)$$

$$D^* = -0,0052 + 1,34 V \quad D_0^* = 0,92 \quad (4)$$

Таким образом, с увеличением параметров солепереноса возрастает активная промывная норма, но сокращается период промывки. По сравнению с градиентом напора  $\mathcal{J} = 1$  активная продолжительность промывки увеличивается, соответственно, в 1,12; 2,12; 2,50; 4,12, для градиентов напора 0,7; 0,3; 0,2; 0,1.

В результате исследований по влиянию скорости фильтрации на интенсивность выщелачивания солей установлена возможность сокращения продолжительности промывки почв до 90...100 сут. Такая эффективность промывки достигается за счет увеличения скорости инфильтрации посредством временных дрен до 0,01 м/сут путем

Т а б л и ц а 2  
Баланс токсичных солей по вариантам опыта промывки, т/га

| Вариант | $S_n$ | $S_i^{08}$ | $S_0$ | $S_b = S_1 = S_i^{08} - S_0 + S_n$ | $S_\phi$ | $S_i = S_\phi + S_0$ | $S_i - S_i^{08} : K = \frac{S_i - S_i^{08}}{S_i^{08}}$ |
|---------|-------|------------|-------|------------------------------------|----------|----------------------|--|
| 1       | 6,86  | 261,32     | 42,20 | 225,98                             | 320,30   | 362,30               | 1,39   |
| 2       | 6,56  | 259,34     | 41,95 | 223,95                             | 331,13   | 373,08               | 1,44   |
| 3       | 6,19  | 234,99     | 39,23 | 201,95                             | 378,62   | 417,85               | 1,78   |
| 4       | 6,48  | 245,57     | 40,22 | 211,83                             | 397,73   | 437,95               | 1,78   |
| 5       | 6,59  | 246,77     | 40,08 | 213,28                             | 415,82   | 455,90               | 1,84   |
| 6       | 6,90  | 256,40     | 39,51 | 223,79                             | 431,88   | 471,49               | 1,85   |

Здесь:  $S_n$  - поступление солей с оросительной водой, т/га;

$S_i^{08}, S_0, S_b$  - исходное, остаточное содержание и вынос солей по данному методу водной вытяжки, т/га;

$S_\phi$  - вынос солей с фильтрации (дренажный сток), т/га;

$S_i$  - расчетное содержание солей, т/га;

$S_2$  - образование и вынос вторичных солей, т/га.

их максимального загущения.

В четвертой главе на основании проведенных натурных исследований по вариантам опыта обоснована мелиоративная эффективность двухстадийной промывки трудномелиорируемых сильнозасоленных почв.

Натурные исследования, моделирование на ЭГДА, расчеты по формуле В.В.Ведерникова (1939) и решение численным методом (В.С. Борисов, 1983) показали, что при промывке на фоне временного дренажа наблюдается неравномерное распределение скоростей фильтрации. Коэффициенты неравномерности фильтрации и распределения промывной нормы по междренью при учащенном дренаже ( $B = 10$  м) составили, соответственно, 1,80 и 0,80, на контроле — 4,25 и 0,56. Анализ гидродинамических сеток фильтрационного потока показал, что дальность действия временной дрены распространяется на расстояние 7...8 м, а эффективность действия ее по глубине составляет 3...4 м. Активная зона влияния глубокой постоянной дрены равна 18...26 м.

Хорошая сходимости натурных и расчетных скоростей фильтрации позволила получить график распределения скоростей фильтрации на междренях временных дрен для почвогрунтов с коэффициентами фильтрации 0,1; 0,05 и 0,03 м/сут.

Мелиоративная эффективность исследуемых вариантов капитальной промывки (двухстадийной промывки — I вариант и промывки длительным сплошным затоплением — II вариант, контроль) оценивалась по интенсивности инфильтрации промывной воды, рассолению различных частей междренья, затратам воды, продолжительности промывки и анализу расходных статей водно-солевого баланса.

На первой стадии промывки в течение 110 сут при средневзвешенной промывной норме (нетто) 14,26 тыс.м<sup>3</sup>/га вынос солей с дренажным стоком составил: временными дренажами — 129,4 т/га, глубокими постоянными — 155,0 т/га. Общий объем дренажного стока по временным дренажам (9,6 тыс.м<sup>3</sup>/га при суточном 105,0 м<sup>3</sup>/га) в 3 раза превысил отвод воды постоянным глубоким дренажем (2,3 тыс.м<sup>3</sup>/га).

Следовательно, загущение временного дренажа способствовало увеличению отвода стока и обеспечивало равномерное рассоление почвогрунтов в междренье. На фильтрационно-солевых площадках, удаленных от оси временной дрены на расстоянии 2,0; 3,5; 5,0 м, из 4-метровой толщи почвогрунтов промывными нормами (нетто) 18,0;

13,7; 11,4 тыс.м<sup>3</sup>/га вымыто токсичных солей 345,9; 263,8; 219,6 т/га, соответственно, или 40,2; 29,9; 26,1 % от исходного запаса (табл.3).

Данные солевой съемки, выполненной после первой стадии промывки, показали равномерное рассоление почвогрунтов по содержанию хлора (0,007...0,01 %) на глубину 1,5 м; а по содержанию натрия (0,023...0,04 %) — на 1,0 м. Вместе с тем отмечено интенсивное накопление солей в палах, где содержание хлора достигало 0,3...0,5 %.

Площадь, занятая валиками временных дрен и не полностью промытая на первой стадии промывки, была окончательно допромыта на второй. Продолжительность промывки составила 40 сут, промывная норма (нетто) — 4,8 тыс.м<sup>3</sup>/га. Объем дренажного стока по временным дренажам равнялся 2,2 тыс.м<sup>3</sup>/га. Вынос солей с дренажным стоком временными дренажами (36,5 т/га) в 1,7 раза уменьшился по сравнению с выносом солей глубокими постоянными (62,0 т/га).

За весь период промывки общая промывная норма (нетто) составила 19,06 тыс.м<sup>3</sup>/га. С помощью постоянного горизонтального дренажа отведено 3,2 тыс.м<sup>3</sup>/га, тогда как временным мелким дренажем в 3,7 раза больше (11,8 тыс.м<sup>3</sup>/га). Общий вынос солей с дренажным стоком составил 383,0 т/га, в том числе 166,0 т/га — временными мелкими дренажами.

В результате двухстадийной промывки достигнуто равномерное опреснение почв на глубину 1,5 м до предела токсичности. В двухметровой толще содержание солей снизилось на 65 %, в трехметровой — на 20 % и в четырехметровой — произошло незначительное (на 9 %) накопление солей.

При промывке длительным сплошным затоплением (контроль) в течение 150 сут со средневзвешенной промывной нормой (нетто) 14,76 тыс.м<sup>3</sup>/га общий объем дренажного стока составил 11,65 тыс.м<sup>3</sup>/га, в том числе временным мелким дренажем — 8,5 тыс.м<sup>3</sup>/га. По глубоким дренажам с дренажным стоком вынесено 148,0 т/га солей, временным мелким — 84,0 т/га.

На контроле в процессе промывки отмечено неравномерное рассоление почвогрунтов по междренью. На фильтрационно-солевых площадках, расположенных на расстоянии 2,0; 6,0; 10,0 м от оси временной дрены, из 4-метровой толщи почвогрунтов промывными нормами 24,3; 13,3; 8,2 тыс.м<sup>3</sup>/га было вымыто токсичных солей 364,8; 64,7 т/га или 42,7; 29,3; 8,1 % от исходного запаса (табл.3).



Интенсивность рассоления почвогрунтов по вариантам опыта промывки

| Расстояние от оси временной дренажной системы, м                 | Слой, см | Промывная норма (нетто), м <sup>3</sup> /га | Содержание токс. солей, т/га |                | Вымыто солей |      |
|--|----------|---|------------------------------|----------------|--------------|------|
|  |          |   | до промывки                  | после промывки | т/га         | %    |
| 2,0  | 0...100  | 18000                                       | 239,7                        | 40,9           | 198,8        | 82,9 |
|  | 0...400  |   | 861,8                        | 515,9          | 345,9        | 40,2 |
| 3,5  | 0...100  | 13700                                       | 242,8                        | 47,9           | 194,9        | 80,3 |
|  | 0...400  |   | 883,0                        | 619,2          | 263,8        | 29,9 |
| 5,0  | 0...100  | 11400                                       | 226,6                        | 50,8           | 175,8        | 77,6 |
|  | 0...400  |   | 842,6                        | 623,0          | 219,6        | 26,1 |
| В среднем по междренью   | 0...100  | 14260                                       | 237,4                        | 48,5           | 188,9        | 79,6 |
|  | 0...400  |   | 857,0                        | 587,0          | 270,0        | 31,5 |
| I вариант - первая стадия промывки, продолжительность - 110 сут. |          |   |                              |                |              |      |
| 2,0  | 0...100  | 24300                                       | 252,1                        | 22,2           | 229,9        | 91,2 |
|  | 0...400  |   | 852,9                        | 488,1          | 364,8        | 42,7 |
| 6,0  | 0...100  | 13300                                       | 254,4                        | 38,9           | 215,5        | 84,7 |
|  | 0...400  |   | 879,1                        | 621,4          | 257,7        | 29,3 |
| 10,0   | 0...100  | 8200  | 243,6                        | 66,5           | 177,1        | 72,5 |
|  | 0...400  |   | 827,6                        | 760,1          | 67,7         | 8,1  |
| В среднем по междренью   | 0...100  | 14760                                       | 250,1                        | 42,5           | 207,6        | 83,0 |
|  | 0...400  |   | 850,0                        | 616,0          | 232,0        | 27,2 |
| Контроль, продолжительность промывки 150 сут.                    |          |   |                              |                |              |      |

На участках, примыкающих к дренам, рассоление охватило 1,5-метровую толщу. В центральной части междреней рассоление произошло на глубину 60...80 см. При этом средневзвешенное засоление метровой толщи было выше порога токсичности (0,415 % от веса сухой почвы) и около 30 % площади, занятой палами и валиками временных дрен, вообще остались непромытыми. Здесь содержание токсичных солей после окончания промывки составило 0,8...1,2 %.

Наблюдениями за движением грунтовых вод при разных междренних расстояниях временных дрен установлено, что при учащенном дренаже скорость снижения уровня грунтовых вод в центре междреня была выше (3...4 см/сут), чем при междренних расстояниях 20 м (2...2,5 см/сут) на контроле и при второй стадии промывки. Скорость сработки грунтовых вод постоянных дрен до прекращения дренажного стока во временных дренах составляла 2,4...2,7 см/сут, а после снижения кривой депрессии ниже дна мелкой дрены уменьшилась до 1,0 см/сут. Отсутствие стока во временных дренах на контроле зафиксировано через 40...45 сут после окончания промывки, тогда как при учащенном дренаже - через 30...35 сут.

По результатам промывок в натуральных условиях определены значения параметров солепереноса. Расхождение их с установленными в лабораторных условиях не превышает 19 %.

Анализ структуры водного баланса показал, что дренажный сток по временной и постоянной сети составил при двухстадийной промывке 68,1 %, в том числе на первой стадии - 73,3 % и на второй - 53,6 % от суммы приходных статей. При промывке на контроле он был равен 65,1 %. Испарение с водной поверхности при двухстадийной промывке составляло 13,6 %, на контроле - 17,7 %. Суммарное изменение запасов солей в расчетном слое почвогрунтов (4 м) при двухстадийной промывке равнялось 343, а на контроле - 200 т/га. Невязка между выносом солей дренажем и по данным солевой съемки по вариантам опыта не превышала 9,6%.

Анализ исследований позволил сделать вывод о целесообразности сокращения продолжительности первой стадии промывки до 90 сут за счет увеличения засоления почв в центре междреня временных дрен до 0,4 %. Следовательно и общая продолжительность промывки сократится на 20 сут. При этом промывная норма (нетто) для первой стадии промывки составит 11,0 тыс. м<sup>3</sup>/га, за две стадии - 16,0 тыс. м<sup>3</sup>/га при продолжительности промывки 130 сут., обеспечив допусти-

мый порог засоления по сумме токсичных солей на всей промываемой площади в горизонте 0...I м.

Для того, чтобы довести рассоление почвогрунтов до порога токсичности 0,3 % в центре междренья по контрольному варианту необходимо затратить дополнительно 2,0 тыс.м<sup>3</sup>/га. При этом промывная норма нетто по междренью составит 18,4 тыс.м<sup>3</sup>/га, а продолжительность промывки возрастет до 210 сут.

Таким образом, метод двухстадийной промывки в сравнении с базовым вариантом обеспечивает: равномерность рассоления почвогрунтов по всей площади; сокращение продолжительности промывки и экономию промывной нормы (брутто) в объеме 5,0 тыс.м<sup>3</sup>/га.

В пятой главе приведены методика расчета, технология проведения и технико-экономические показатели метода двухстадийной промывки.

Расчет двухстадийной промывки заключается в определении общей продолжительности и промывной нормы по стадиям промывки.

Общая продолжительность первой стадии промывки ( $T^I$ ) состоит из времени заполнения свободной емкости почвогрунтов зоны аэрации ( $t_1^I$ ) и продолжительности промывки при стационарном режиме фильтрации ( $t_2^I$ ):

$$T^I = t_1^I + t_2^I \quad (5)$$

При этом промывная норма (нетто) первой стадии

$$N_{ч}^I = 10^4 (\mu h^I + t_2^I V^I) \quad (6)$$

где  $N_{ч}^I$  - расчетная промывная норма (нетто) по центру междренья, тыс.м<sup>3</sup>/га;

$\mu$  - коэффициент недостатка насыщения почвогрунтов зоны аэрации;

$h^I$  - глубина залегания грунтовых вод, м;

$V^I$  - установившаяся скорость фильтрации в центре междренья временных дрен, м/сут.

Время заполнения свободной емкости почвогрунтов зоны аэрации рассчитывается по зависимости Н.Н.Веригина

$$t_1^I = \frac{\mu}{K_{ф}} (h_n + H_k) \theta(\alpha) \quad (7)$$

где  $h_n$  - глубина воды в чеке, м;

$H_k$  - приведенная высота капиллярного поднятия воды в грунте, (0,5...0,7)  $H_{kmax}$ ;

$$\alpha = \frac{h^I}{h_n + H_k}; \quad \theta(\alpha) = \alpha - \ln(1 + \alpha)$$

Общее количество воды, необходимое для насыщения I га площади поля до уровня грунтовых вод (на глубину  $h^I$ ), определяется по зависимости:

$$W^I = 10^4 \mu h^I \quad (8)$$

Установлено, что на первой стадии промывки необходимо нарезать временный учащенный дренаж из расчета создания в центре междренья скорости фильтрации промывной воды 7...10 мм/сут. Принимая в указанных пределах скорость фильтрации в центре междренья, по зависимостям  $V=f(B)$  (рис.4) и  $N=f(V, S)$  (рис.5) определяются расстояние между временными дренами ( $B^I$ ) и промывная норма ( $N_{г}^I$ ) в центре междренья в зависимости от коэффициента фильтрации и исходной степени засоления почвогрунтов.

Продолжительность промывки при стационарном режиме фильтрации устанавливается по формуле (6):

$$t_2^I = \frac{N_{г}^I - W^I}{V^I} \quad (9)$$

С учетом коэффициента неравномерности распределения промывной нормы, равного 0,8, фактическая промывная норма по междренью определится по выражению

$$N^I = \frac{N_{г}^I}{\beta^I} \quad (10)$$

На второй стадии промывки, определив расстояние между временными дренами ( $B^II$ ), по графику  $V=f(B)$  находим соответствующую данному расстоянию скорость фильтрации в центре междренья, а по графику  $\alpha=f(V)$  - показатель солеотдачи ( $\alpha$ ) (рис.6). По формуле (2) рассчитывается промывная норма для второй стадии промывки. В дальнейшем порядок расчета определения параметров  $t_1^{II}$ ,  $t_2^{II}$ ,  $T^{II}$  идентичен расчету для первой стадии промывки.

Фактическая промывная норма на междренье при второй стадии промывки составит:

$$N^{II} = \frac{N_{г}^{II}}{\beta} \quad (11)$$

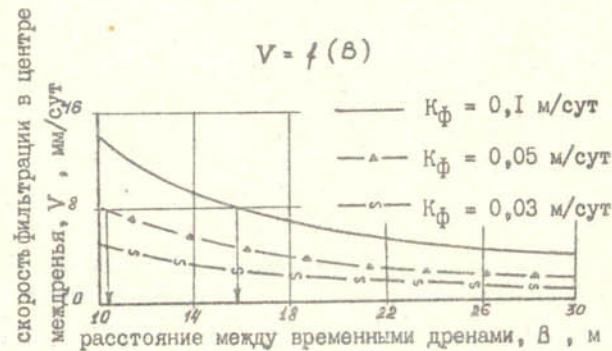


Рис.4 График для определения расстояния между временными дренами при заданной скорости фильтрации в центре междренья

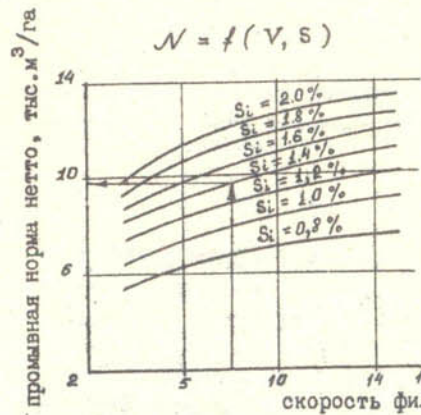


Рис.5 Номограмма для определения промывной нормы для первой стадии промывки

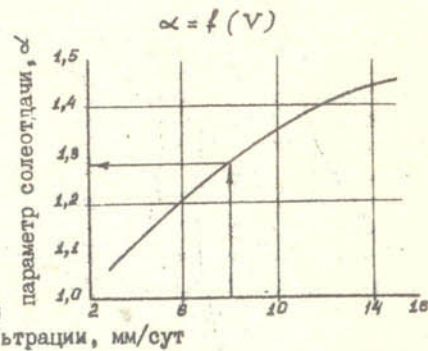


Рис.6 Зависимость параметра солености ( $\alpha$ ) от скорости фильтрации ( $V$ )

где  $\beta^2 = 0,60$  (по данным опыта).

Таким образом, общую продолжительность и промывную норму (нетто) двухстадийной промывки можно определить по следующим зависимостям:

$$N = N^I + N^{II} \quad (I2)$$

$$T = T^I + T^{II} + T^n \quad (I3)$$

где  $T^n$  — продолжительность перерыва между двумя стадиями.

Кроме того, в данной главе изложена подготовка земель к промывке и дана техника ее проведения.

Содержание токсичных солей в метровой толще почвогрунтов в центре междренья после первой стадии промывки должно составлять 0,4 % от веса сухой почвы. По окончании первой стадии промывки временные дрена заравниваются. На второй стадии они располагаются по центру каждого второго междренья временных дрен первой стадии. Вторую стадию промывки осуществляют до рассоления почвогрунтов, т.е. порог токсичности не должен превышать 0,3 %. По окончании проведения двухстадийной промывки ликвидируются все временные сооружения.

Оценка экономической эффективности применения метода двухстадийной промывки проводилась путем сопоставления с промывкой длительным сплошным затоплением в соответствии с действующими инструкциями. При расчете учитывались эффективность строительного производства и продуктивность мелиоративного эффекта.

Экономический эффект от внедрения метода двухстадийной промывки составляет 202,1 руб/га.

## ВЫВОДЫ

1. Установлена зависимость параметра солености от скорости фильтрации при промывке сероземно-луговых гипсоносных почв хлоридно-сульфатного типа засоления. Для расчета промывной нормы на основе физического моделирования модифицирована формула В.Р. Волбуева, учитывающая образование вторичных солей при промывке.

2. Изучена схема фильтрации при совместной работе закрытого глубокого и мелкого временного дренажей. В натурных условиях оп-

ределено, что коэффициент неравномерности распределения скоростей фильтрации при учащенном дренаже составил 1,75, на контроле — 4,25. Выявлено соответствие натуральных скоростей фильтрации с расчетными значениями (по формуле В.В.Ведерникова и при численном моделировании).

3. Обоснована мелиоративная эффективность метода двухстадийной промывки трудномелиорируемых сильнозасоленных почв. Применение этого метода в сравнении с существующей технологией промывки в 1,7 раза увеличивает вынос солей, обеспечивает равномерное опреснение 1,5-метрового слоя почвогрунтов до предела токсичности, существенно снижает количество солей на глубине 2...3 м, экономит промывную воду ( $\sim 5,0$  тыс. м<sup>3</sup>/га) и сокращает на 15...20 % продолжительность промывки.

4. Разработана методика расчета и технология проведения двухстадийной промывки на основе определения последовательности оценки промывной нормы, расчета продолжительности и состава работ по стадиям промывки.

5. Выполненные технико-экономические расчеты показывают, что годовой экономический эффект от применения метода двухстадийной промывки составляет 202,1 руб./га. Метод двухстадийной промывки внедрен в новой зоне орошения Голодной степи на площади 2,0 тыс. га.

#### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Метод двухстадийной промывки целесообразнее применять в условиях Голодной и Джизакской степей, для которых характерны почвы с низкими значениями коэффициентов фильтрации (0,1...0,03 м/сут), слоистые по механическому составу в зоне аэрации, с сильно уплотненным гипсовым горизонтом и засоленностью верхних слоев (0,8 % и более по сумме токсичных солей).

2. На первой стадии промывки нарезается временный учащенный дренаж из расчета создания в центре междуренья скорости фильтрации 7...10 мм/сут. Рекомендуемые параметры временного дренажа: глубина заложения 0,8...1,0 м; междуренное расстояние 10 м. Первая временная дрена должна быть размещена на расстоянии 20...25 м от оси глубокой дрены.

На второй стадии промывки трассы временных дрен располагают посередине каждого второго междуренья первой стадии.

3. При хлоридно-сульфатном и сульфатном типах засоления почв первая стадия промывки проводится до содержания токсичных солей (0,4 %) в метровой толще почвогрунтов по центру междуренья.

Вторую стадию промывки осуществляют до порога токсичности (0,3 %), принятого для условий Голодной и Джизакской степей.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях автора:

1. К вопросу освоения тяжелопроницаемых почв новой зоны орошения Голодной степи. — Сб. научн. тр. /Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 153, Ташкент, 1977, с. III-III7.

2. Экономическая эффективность двухстадийных промывок тяжелых засоленных земель нового орошения. — Сб. научн. тр. "Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 156, 1978, с. 221-III7 (соавтор: Стрелков Ю.П.).

3. О влиянии скорости фильтрации на интенсивность выщелачивания солей. — Сб. научн. тр. /Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 159, Ташкент, 1979, с. 80-89.

4. Рассоление почвогрунтов при двухстадийной промывке. — В кн.: Материалы X конференции молодых ученых Узбекистана по сельскому хозяйству. Ташкент, 1980, с. 50-55.

5. Двухстадийные промывки в условиях Голодной степи. — Сб. "Мелиорация и водное хозяйство", серия I, вып. 3, ЦЕНТИ, М., 1981, с. 10-16.

6. Гидродинамическая характеристика фильтрационного потока и поле скоростей фильтрации на междуреньях временных дрен при промывке трудномелиорируемых земель. — В кн.: Регулирование водно-солевого баланса на орошаемых землях, Ташкент, 1986, с. 56-66 (соавтор: Борисов В.С.).

*Паш*