А. РАМАЗАНОВ Х. ЯКУБОВ

ПРОМЫВНЫЕ И ВЛАГОЗАРЯДКОВЫЕ ПОЛИВЫ

А. РАМАЗАНОВ, Х. ЯКУБОВ

ПРОМЫВНЫЕ И ВЛАГОЗАРЯДКОВЫЕ ПОЛИВЫ

ТАШКЕНТ
«МЕХНАТ»
1988

УДК 626.84
ББК 40.62
Р 21

Рецензент — кандидат сельскохозяйственных наук
Г. РЕШЕТОВ

Рамазанов А., Якубов Х.
Р 21 Промывные и влагозарядковые поливы.— Т.: Мехнат, 1988.—192 с.

1. Соавт.

В работе обобщен многолетний опыт проведения промывных и влагозарядковых поливов в Узбекистане. Приводятся данные о засоленных почвах республики, районах их распространения. Освещены вопросы теории и практики промывных и влагозарядковых поливов. Даны рекомендации по проведению промывок на фоне горизонтального и вертикального типов дренажа. Показаны особенности промывки слабопроницаемых почв и промывки засоленных почв минерализованной водой. Описаны агромелиоративные приемы повышения эффективности промывных и влагозарядковых поливов.
Рассчитана на специалистов сельского и водного хозяйства.

ББК 40.62

Р $\frac{3802030100-70}{М\ 359(04)-88}$ 14—88

ISBN 5—8244—0048—2

© Издательство «Мехнат», 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

В аграрной политике партии и правительства, принятой XXVII съездом КПСС, одним из основополагающих направлений решений продовольственной программы страны является всемерное повышение отдачи мелиорированных земель на базе внедрения интенсивной технологии выращивания сельскохозяйственных культур. В аридной зоне засоление почв, возникающее при определенных условиях, оказывает большое влияние на снижение продуктивности земель и урожайности сельхозкультур.

В настоящее время из 4,0 млн. га (1986) орошаемых земель Узбекистана 850 тыс. га, по оценке ММ и ВХ УзССР, относится к категории засоленных почв. По материалам Узгипрозема, площадь засоленных земель превышает 1,5 млн. га. В то же время почти вся площадь перспективного орошения в той или иной мере засолена. На засоленных землях республика теряет не только определенный объем сельскохозяйственной продукции, но и значительные трудовые и материальные ресурсы.

Борьба с засолением орошаемых земель всегда считалась важнейшей проблемой орошаемого земледелия.

Сейчас мелиоративная наука и практика имеют отработанные приемы рассоления почв — промывки земель на основе усиления дренированности территории путем строительства дренажа. В связи с этим уже разработаны теоретические аспекты расчета промывки земель и дренажа, основанные на изучении закономерностей формирования запасов солей в естественных условиях и теории физико-химической гидродинамики

движения потока и рельефно-почвенных условий, отработаны техника и технология рассоления почв при капитальных и эксплуатационных промывках.

В то же время за последние годы в республиках Средней Азии и южных районах Казахстана резко изменилась водохозяйственная обстановка. Повсеместно наблюдается острый дефицит водных ресурсов, возникающий в связи с широким развитием орошаемого земледелия. Ухудшается качество оросительных вод в источниках орошения за счет возврата в них коллекторно-дренажного стока. Часто повторяются периоды затяжных маловодий с положительным температурным режимом в зимние месяцы и скудными осадками весной.

Изменение водохозяйственной обстановки требует несколько иного подхода к выбору и проведению рассолительных мероприятий. Это, прежде всего, увязка площадей, подлежащих промывке, с промывными нормами воды; необходимость определения оптимального срока эксплуатационных промывок; разработка мероприятий по ускорению выноса солей из активной толщи и ряд других мероприятий. Кроме того, в последние годы все больше в сельскохозяйственный оборот вовлекаются трудномелиорируемые сильнозасоленные почвы. Повышение плодородия этих земель также требует разработки специальных мероприятий как по рассолению земель, так и по выращиванию проектного урожая сельхозкультур.

В книге по результатам натурных исследований, проведенных в различных регионах республики, и материалам водохозяйственных организаций показана возможность рассоления почв и опреснения грунтовых вод при усложнившихся водохозяйственных условиях путем усиления дренированности территории и комплекса агротехнических мер: применение глубокого рыхления, химмелиорантов, культур-освоителей и др.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

1. Засоление и потеря продуктивности почв

Засоление почв в аридной зоне является одним из главных факторов, снижающих продуктивность орошаемых земель. Оно возникает за счет перераспределения легкорастворимых солей, накопленных в толще четвертичных отложений в геологическом периоде их формирования. Процесс перераспределения запасов солей и засоление почв зависят от многих климатических, геологических и гидрогеологических условий. Чем суше и континентальнее климат, тем больше степень засоления. Высоко засоленные почвы чаще всего встречаются в пустынных и полупустынных зонах, а с переходом в степную зону степень засоления несколько ослабевает.

В. Ковда (1968) в географии процессов формирования засоленных почв различает несколько циклов соленакопления.

I. Континентальные, связанные с движением, перераспределением и аккумуляцией углекислых, сернистых и хлористых солей во внутриматериковых бессточных областях. При этом в зависимости от характера процессов соленакопления (аккумулятивный или перераспределительный) выделяются первичные и вторичные циклы соленакопления (Фергана, Голодная степь).

II. Приморские, связанные с аккумуляцией морских солей.

III. Дельтовые (дельты рек Амударьи, Сырдарьи и др.).

IV. Артезианские, обязанные испарению межпластовых подземных вод.

V. Антропогенные, являющиеся следствием ошибок в хозяйственной деятельности человека или результатом незнания закономерности соленакопления (засоление почв при подъеме уровня грунтовых вод, орошение минерализованными водами).

В республиках среднеазиатского региона и Южном Казахстане наиболее распространен процесс засоления почв за счет III и V и частично I и IV циклов соленакопления.

Процесс соленакопления почв тесно связан с геоморфологическими, гидрогеологическими условиями, а при развитии орошения и с качеством оросительной воды. В геоморфологическом отношении гипсометрически высоко расположенные земли (предгорные склоны) в большинстве своем не подвергаются засолению. Предгорные склоны обычно представлены высокопроницаемыми маломощными слоями почв, ниже которых залегает мощная толща гравийно-галечниковых отложений. К тому же предгорные склоны имеют крутые уклоны, и поэтому хорошо дренированы, уровни грунтовых вод здесь залегают очень глубоко. Подземные воды либо пресные, либо слабоминерализованные.

С переходом к низменностям происходит резкое изменение геоморфолого-литолого-гидрогеологических условий и ухудшение дренированности территории. В связи с этим засоленные почвы чаще всего приурочены к низменной части рельефа. Это — поймы и дельты, межгорные впадины и межконусовые понижения, низкие речные и приморские террасы. Земли, расположенные на этих геоморфологических структурах, не дренированы или слабо дренированы. На этих землях при орошении обычно нарушается диспропорция баланса грунтовых вод. Увеличение инфильтрационного питания при отсутствии или слабой естественной дренированности территории вызывает подъем грунтовых вод. Скорость подъема зависит от величины инфильтрационного питания и естественной дренированности: чем больше питание и меньше дренированность территории, тем больше скорость подъема уровня подземных вод. При подъеме грунтовых вод наблюдается обогащение их минеральными солями за счет выщелачивания последних из почвогрунтов.

Сам процесс засоления почв в большинстве случаев связан с испарением грунтовых вод. Поэтому интенсивность засоления почв зависит от глубины залегания и минерализации грунтовых вод, а также механического состава почв. Чем ближе залегает уровень грунтовых вод к дневной поверхности и выше минерализация, тем больше скорость накопления солей. Для лессовых грунтов Средней Азии интенсивное испарение грунтовых вод начинается с глубины 2,5—3,0 м и зависит от механического состава почвогрунтов. Чем тяжелее механический состав, тем выше высота капиллярной каймы и ниже скорость подъема. С приближением уровня грунтовых вод к дневной поверхности интенсивность испарения достигает максимального значения. Так, при глубине грунтовых вод 0,5 м расход их запаса на испарение в зависимости от типа почв изменяется в пределах 700—900 мм в год на хлопковом и 900—1200 мм на люцерновом поле. При снижении глубины грунтовых вод ниже 3 м величина испарения составляет соответственно —50—60 мм и 80—120 мм в год (рис. 1а).

В то же время интенсивность соленакопления определяется не только объемом испарения, но и минерализацией грунтовых вод. В условиях близкого залегания грунтовых вод (0,5—1,0 м) соленакопление в корнеобитаемом слое может, в зависимости от их минерализации, составить 150—180 т/га в год. Со снижением уровня грунтовых вод ниже 2,5—3,0 м наблюдается резкое уменьшение интенсивности соленакопления —5—10 т/га в год (рис. 1б). Следовательно, предупредить реставрацию засоления можно путем

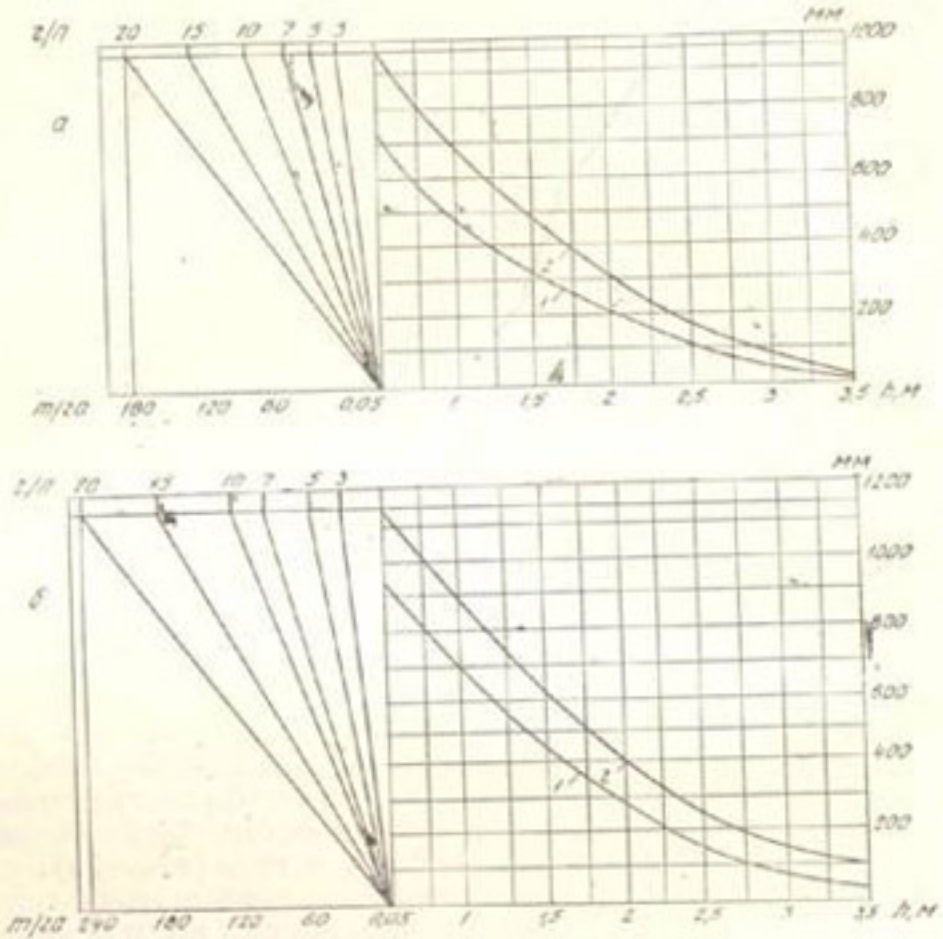

Рис. 1 Изменение испарения грунтовых вод и накопление солей в корнеобитаемом слое в зависимости от глубины (данные С. Шмидта): а) супесчано-суглинистые почвы; б) суглинистые почвы

1 — хлопчатник, 2 — люцерна

поддержания уровня грунтовых вод ниже «критической» их глубины и снижением минерализации.

Другим источником соленакопления в аридной зоне служит оросительная вода, в составе которой содержится определенное количество легкорастворимых солей. Интенсивность соленакопления за счет оросительной воды также зависит от объема водоподачи и минерализации и может составить 15—20 т/га в год. В современных условиях засоление почв за счет оросительной воды приобретает более опасный характер из-за возврата части коллекторно-дренажного стока в реки. В этом отношении наиболее опасной зоной являются земли, расположенные в среднем и нижнем течении рек, где минерализация воды в отдельные месяцы достигает 1,5—2,5 г/л.

В связи с необходимостью развития орошения во всем мире в сельхозоборот вовлекаются засоленные почвы. В настоящее время засоленные почвы встречаются во всех районах аридного и субаридного климата. По данным В. Ковды (1973), в мире насчитывается 20—25 млн. га сильнозасоленных бесплодных земель и около 50—60 млн. га вторично засоленных почв. В то же время в мире ежегодно по причине вторичного засоления из сельхозоборота выпадает более 250—300 тыс. га орошаемых земель.

В Средней Азии и Южном Казахстане под орошаемым земледелием находится более 7,0 млн. га земель, из которых около 25—30% засолены. Самый высокий процент засоления земель имеет Туркмения. Здесь из общей орошаемой площади 1124 тыс. га 79,3% засолено, из них 35,8% имеет слабое, 28,2% — среднее засоление, а остальная часть (15,3%) — сильнозасоленные почвы и солончаки. В Таджикской ССР площадь засоленных почв не превышает 15—16%. В то же время площадь средне-, сильнозасоленных почв и солончаков составляет всего 5,5%.

По данным института Узгипрозем, по состоянию на 1 ноября 1985 г., площадь орошаемых земель в УзССР составляет 3976,6 тыс. га. По степени засоления площади орошаемых земель распределены следующим образом: незасоленные — 2018,9 тыс. га; слабозасоленные — 1126,9; среднезасоленные — 609,1; сильнозасоленные — 217,4; очень сильнозасоленные — 0,16 тыс. га.

Согласно принятой ММиВХ республики оценке (кадастра), площади с неудовлетворительным мелиоративным состоянием составляют 1022,5 тыс. га, в т. ч. 826,8 тыс. по засолению и 195,7 тыс. га по глубине залегания уровня грунтовых вод (табл. 1).

1. Мелиоративное состояние орошаемых земель Узбекистана, тыс. га

Область	Площадь орошаемых земель	В том числе средне- и сильнозасоленные	Из них с недопустимой глубиной УГВ	Незасоленные площади с недопустимой глубиной УГВ
ККАССР	461,0	173,0	59,8	26,4
Андижанская	284,7	24,2	7,0	19,0
Бухарская	254,0	75,6	26,0	24,0
Джизакская	275,1	115,7	5,5	4,2
Кашкадарьинская	455,0	105,8	28,5	22,2
Навоийская	115,7	19,3	13,0	7,0
Намаганская	263,3	16,6	9,0	15,0
Самаркандская	348,9	1,7	2,0	7,0
Сурхандарьинская	289,0	37,6	11,0	8,0
Сырдарьинская	287,3	144,5	47,4	23,9
Ташкентская	378,0	4,0	3,0	7,0
Ферганская	339,3	60,6	20,0	19,0
Хорезмская	225,3	48,2	55,0	13,0

При этом наиболее высокое засоление как по охвату площади, так и по степени соленакопления в почвенном слое имеют земли, расположенные в низовьях

Амударьи и Зарафшана. В Каракалпакской АССР и Бухарской области засоленные почвы составляют более 55—60% от общей площади орошения. Однако самые высокие запасы солей в покровных отложениях сосредоточены в межгорных котловинах, таких как Голодная степь, Центральная Фергана.

Засоление, угнетая рост и развитие растений, наносит определенный ущерб урожайности сельхозкультур.

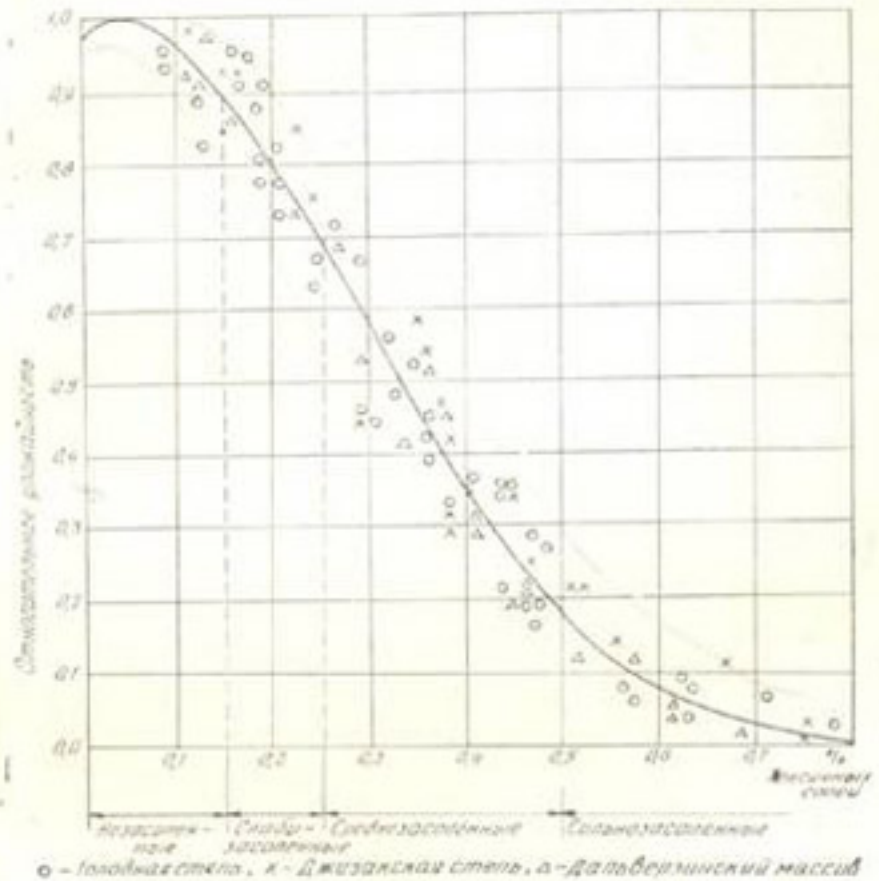

Рис. 2. Зависимость урожайности хлопчатника от засоления.

Величина потери урожайности в результате засоления зависит еще от многих других факторов: увлажненности почвы, содержания и химического состава солей, солеустойчивости сельхозкультур.

Действие солей на растения также зависит от фазы их развития.

По материалам многочисленных натурных исследований и массовых обследований хозяйств, расположенных на засоленных почвах, установлено, что на слабозасоленных землях урожайность на 8—10% ниже, чем на незасоленных.

На среднезасоленных и сильнозасоленных почвах потери урожайности достигают 50—60%, а на солончаках — более 70—80% (рис. 2).

Оценку земель по степени засоления можно осуществлять, используя различные классификации, в частности классификацию В. Егорова и Н. Минашиной (1976) (табл. 2). В производственных условиях степень засоления почвы можно оценить путем визуального обследования состояния сельхозкультур в августе и сентябре:

Состояние растений и поверхности почвы	Степень засоления почв
Хорошее, выцветов солей нет	незасоленные
Слабоугнетенное, изреженность до 10%, выцветы солей слабые	слабозасоленные
Угнетенное, изреженность 10—30%, заметны выцветы солей	среднезасоленные
Сильноугнетенное, изреженность 30—60%, сплошные белые выцветы солей	сильнозасоленные
Очень сильноугнетенное, изреженность более 60% или полная гибель растений, пухлые солевые образования или солевая корка	очень сильнозасоленные, солончаки

2. Классификация почв по степени засоления и содержанию солей, %*

Степень засоления почв	Содержание солей			
	HCO_3'	Cl'	$Na^{\cdot}$	SO_4''
Незасоленные	0,061	0,01	0,023	0,08
Слабозасоленные	0,061—0,122	0,01—0,035	0,023—0,046	0,08—0,17
Среднезасоленные	0,122—0,244	0,035—0,07	0,046—0,092	0,17—0,34
Сильнозасоленные	0,244—0,488	0,070—0,14	0,092—0,184	0,34—0,86
Очень сильнозасоленные (солончаки)	0,488	0,14	0,184	0,86

* Егоров В., Минашина Н., 1976

На рост и развитие растений угнетающе действуют сильнее всего натриево-хлоридные соли, сульфаты действуют несколько слабее. В Узбекистане есть почвы сульфатного (Ферганская долина, большая часть Голодной, Каршинской степей), хлоридно-сульфатного (Голодная и Каршинская степи), сульфатно-хлоридного (Джизакская, Сурхан-Шерабадская степи) и хлоридного (низовья Амударьи) типов засоления. Тип засоления определяется по соотношению анионов и катионов (Базилевич Н., Панкова Е., 1972):

По анионам	По катионам
Хлоридный — $Cl : SO_4 > 2,5$	натриевый — $Na : Mg > 2$
Сульфатно-хлоридный — $Cl : SO_4 = 2,5—1,0$	магниево-натриевый — $Na : Mg = 2—1$
Хлоридно-сульфатный — $Cl : SO_4 = 1,0—0,3$	натриево-магниевый — $Na : Mg = 1—0,5$
Сульфатный $Cl : SO_4 < 0,3$	магниевый $Na : Mg < 0,5$
Сульфатно (хлоридно)-гидрокарбонатный — $HCO_3 : Cl > 1$ $HCO_3 : SO_4 > 1$	

Отрицательное воздействие засоления на растения предотвращается путем применения комплекса агромелиоративных мероприятий и в первую очередь опреснения почв. Приемы опреснительных мероприятий и сроки их проведения базируются на объективной и оперативной оценке земель по степени засоления. Оценка осуществляется путем проведения территориальной солевой съемки с отбором почвенных образцов по слоям 0—30 см, 30—70 см и 70—100 см. С точки зрения получения достоверной информации наиболее целесообразно солевую съемку проводить в масштабе 1:10 000, где на 15—20 га закладывается одна точка. Для решения практических задач по определению сроков и норм промывок, размещению основных севооборотных культур вполне достаточно во взятых образцах определить Cl', SO''_4, HCO_3 и плотный остаток. В случае необходимости (для изучения почвенно-мелиоративных процессов) также определяется $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$ и $Na^{\cdot} + K^{\cdot}$.

По материалам солевой съемки определяются площади земель с различной степенью засоления, для которых рассчитываются нормы промывок и влагозарядковых поливов.

2. Оценка земель по сложности рассоления

В орошаемых районах СССР 25—40% мелиорированных и до 70—75% вновь осваиваемых земель засолены или подвержены засолению. Рассоление этих земель возможно только при повышенных нормах водопотребления. В условиях дефицита водных ресурсов, уже сейчас остро ощущаемого в аридных зонах, дальнейшее развитие орошаемого земледелия должно решаться путем внедрения эффективных водосберегающих мероприятий.

При обосновании объема рассолительных мероприятий особую роль играют такие характеристики почвогрунтов зоны аэрации и покровного мелкозема, как

проницаемость — K, водоотдача — σ и мощность — m, характер распределения, тип и степень засоления, минерализация грунтовых и напорных вод, солеотдача зоны аэрации и грунтов ниже уровня грунтовых вод. В зависимости от характеристики покровного мелкозема процесс рассоления протекает по-разному: в условиях, когда покровные отложения представлены легкими почвогрунтами, обладающими высокой проницаемостью, водо- и солеотдачей, рассоление достигается гораздо быстрее и при сравнительно меньших затратах оросительной воды на вынос единицы объема солей, и наоборот.

В принципах типизации Д. Каца (1976) в качестве основного показателя выдвигается проводимость ($K_{вк} \cdot m$) водоносного комплекса, тогда как характеристика покровного мелкозема учитывается только через гидравлическую связь грунтовых и подземных вод. В классификации условий сложности мелиорации земель, выдвинутой М. Каплинским, дополнительно предусматривается ряд показателей, таких как скорость снижения грунтовых вод и коэффициент перетекания, которые учитывают параметры покровных отложений. Однако в работе М. Каплинского также отсутствуют показатели, характеризующие покровный мелкозем по сложности рассоления. К ним относятся водо- и солеотдача, тип и степень засоления почвогрунтов и их эпюры распределения. Эти характеристики почвогрунтов особенно необходимы при проектировании рассолительных мероприятий. Таким образом, проектирование и выбор эксплуатационных мероприятий должны осуществляться с учетом сложности рассоления почвогрунтов покровных отложений в увязке с характеристикой водоносного комплекса.

Оценка сложности рассоления должна осуществляться не по отдельным показателям, а по группам показателей с определенными критериями (Якубов Х., Насонов В., 1984). При этом все показатели, характе-

ризующие трудности рассоления почв покровных отложений, могут быть распределены по трем группам.

К *первой* группе факторов, названных геофильтрационными, относятся следующие показатели: сложение грунтов, мощность покровного мелкозема $m_{пм}$, коэффициент фильтрации покровных отложений $K_{пм}$, характеристика каптируемого водоносного слоя комплекса $T = k_{в} \cdot m_{в}$, коэффициент перетекания из покровного мелкозема

$$B = \sqrt{\frac{T \cdot m_{пм}}{K_{пм}}} \qquad (1.1)$$

и коэффициент сопротивления покровных отложений

$$\Phi_z = \sum_{i}^{n} \frac{m_{пм}}{K_{пм}}. \qquad (1.2)$$

Геофильтрационные факторы характеризуют сложность гидродинамических процессов, протекающих при водообмене между покровными отложениями и водоносным горизонтом.

Вторая группа факторов, именуемых гидравлическими, включает в себя скорость снижения грунтовых вод V и интенсивность перетекания грунтовых вод в каптируемый пласт, определяемую из зависимости

$$W = K_{пм} \cdot \frac{(h - H)}{m_{пм}} \qquad (1.3)$$

при $h - H = 1$. Гидравлические факторы характеризуют интенсивность перетекания грунтовых вод, то есть дренированность покровных отложений.

Третья группа факторов, называемых почвенно-мелиоративными, характеризует сложность солевых процессов и солевого обмена в покровных отложениях и включает в себя коэффициенты водо- и солеотдачи — σ и α и характер распределения легкорастворимых солей в покровном мелкоземе (эпюры распределения солей по профилю), а также степень и тип засоления почвогрунтов и грунтовых вод.

По критериальным значениям показателей, входящих в состав указанных групп, выделяются четыре категории сложности рассоления земель, требующих различных объемов мероприятий: сравнительно простые, средние, сложные и весьма сложные.

Сравнительно простые. Покровные мелкоземы этой категории земель представлены однородными легкими почвогрунтами (легкие суглинки и супеси) мощностью 10—15 м с коэффициентом фильтрации 0,3—0,5 м/сут. Сопротивление грунтов покровных отложений незначительное—$\Phi_z < 25$ сут. В большинстве случаев водоносные каптируемые пласты сложены хорошопроницаемыми песчано-галечными отложениями с коэффициентом проводимости более $T > 100$ м²/сут. Грунтовые воды имеют интенсивную связь с водой каптируемого пласта. Интенсивность перетекания высокая— $W > 0{,}035$ м/сут, $B \leqslant 250$ м². При дренировании достигается высокая скорость снижения грунтовых вод— 0,1÷0,2 м/сут. В таких гидрогеологических условиях при безнапорном питании территория обычно имеет поверхностное засоление ($h \leqslant 1{,}5$ м) сульфатного и хлоридно-сульфатного типа с содержанием солей до 1,5% по плотному остатку (низовья Зарафшана, Каршинская степь).

В условиях напорных вод с высоким подземным притоком со стороны засолением охвачена вся зона аэрации. Здесь территория обладает пестрой минерализацией грунтовых вод, а подземные воды являются слабоминерализованными. Почвогрунты в этих районах обладают высокой водо- и солеотдачей $\sigma > 0{,}1$, $\alpha = 0{,}75...1{,}02$.

Примером такой категории земель является Ферганская долина.

Мелиорация земель, расположенных в указанных гидрогеологических условиях, решается без особых осложнений путем промывных режимов орошения.

Средние. Сюда относятся районы, в которых покровные мелкоземы представлены однородными грунтами легкой и средней разностей или слоистыми группами отложений легкого происхождения (легкие и средние суглинки чередуются супесями и т. д.). Мощность покровных отложений 15—25 м, коэффициент фильтрации их 0,1—0,3 м/сут.

Водоносный горизонт сложен хорошопроницаемыми песчаными отложениями, иногда переслаивающимися супесями и суглинками мощностью 5—10 м с проводимостью 500—1000 м²/сут. Гидравлическая связь между грунтовыми и напорными водами высокая. Коэффициент перетекания— B=250—400 м², а сопротивление грунтов покровных отложений Φ_z=50—250 сут ($\Phi_{ср}$=70 сут).

Интенсивность перетекания грунтовых вод каптируемого пласта изменяется в пределах 0,004—0,035 м/сут. При дренировании скорость снижения грунтовых вод по сравнению с районами сравнительно простых мелиораций несколько замедлена и изменяется от 0,25 до 0,5 м/сут. В этих гидрогеологических условиях легкорастворимые соли в условиях напорных вод обычно сосредоточены в зоне аэрации и реже в нижних отложениях. Тип засоления сульфатный с повышенным содержанием иона хлора. Содержание солей варьирует в широких пределах: по плотному остатку 0,8—2,0% и более, а по иону хлора —0,2—0,3%. При этом почвогрунты зоны аэрации обладают высокой водо- и солеотдачей $\sigma > 0{,}1$ и α=1,02—1,5.

Территории, расположенные в таких гидрогеологических условиях, мелиорируются сравнительно легко путем проведения промывного режима орошения и эксплуатационных промывок на фоне хорошо работающего дренажа (Хорезмский оазис, северо-западная часть Голодной степи, Багдадский, Кировский, Ташлакский и Кувинский районы Ферганской области).

Сложные. К этой категории земель относятся районы, где покровный мелкозем имеет большую мощность (m_1=

25—40 м), а почвогрунты сложены слоистыми отложениями более тяжелого механического состава: средние и тяжелые суглинки чередуются супесями, а иногда песками и глиной. Коэффициент фильтрации покровного мелкозема не превышает 0,5—0,1 м/сут. Покровный мелкозем в большинстве случаев подстилается песчаными отложениями с водопроводимостью 300—500 м/сут, а иногда гравийно-песчаными с проводимостью >1000 м/сут. Сопротивление покровных отложений высокое: Φ_z=250—700 сут ($\Phi_{ср}$=400 сут), поэтому гидравлическая связь между грунтовой водой и каптируемым пластом замедленная: B=250—700 м² (интенсивность перетекания W=0,004—0,015 м/сут).

При дренировании скорость снижения грунтовых вод незначительная —2,0—3,0 см/сут.

Легкорастворимые соли в условиях напорных подземных вод сосредоточены в зоне аэрации, а безнапорных — в покровных отложениях. Содержание легкорастворимых солей высокое и изменяется в пределах 1,5—3,0%, а по иону хлора —0,3—0,7%. Тип засоления хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. Солеотдача грунтов заниженная — α=1,50—2,5.

Мелиорация земель, расположенных в таких гидрогеологических условиях, решается аналогично с таковыми для менее сложных районов. Однако объем и продолжительность проведения рассолительных мероприятий будут гораздо большими (территория межрусловых отложений Северной Каракалпакии, Баяутский, Шурузякский и Сардобинский массивы, Голодная степь).

Весьма сложные. К этой категории земель относятся территории, где мощность покровных отложений, представленных слоистыми грунтами (суглинки, супеси, глины и пески), составляет 40 м и более. Слоистость отложений грунтов тяжелого механического состава предопределяет повышение сопротивления покровного мелкозема и затруднение гидравлической связи грун-

товых вод с водой каптируемого слоя. В таких условиях подстилающий слой обычно представлен переслаивающимися песками, супесями и глинами с водопроводимостью до 300 м²/сут. Сопротивление покровного отложения превышает более 700 суток, коэффициент связи водоносного пласта с покровным мелкоземом $B \geqslant 700$ м², а интенсивность перетекания $W \leqslant 0{,}002$ м/сут. В связи с этим при дренировании наблюдается медленное снижение уровня грунтовых вод — менее 0,02 м /сут.

Легкорастворимые соли распределены более или менее равномерно по всей глубине покровного мелкозема. Тип засоления сульфатно-хлоридный и хлоридный. Содержание легкорастворимых солей достигает 3,5% по плотному остатку и 1,3% по иону хлора. Грунты обладают низкой водо- и солеотдачей $\sigma \leqslant 0{,}06$, а $\alpha \geqslant 2{,}8$. Земли требуют проведения длительных рассолительных мероприятий на фоне хорошо работающего дренажа (юго-восточная часть Голодной степи, Центральная Фергана, отдельные районы Джизакской и Голодной степей).

Однако при расчете объема рассолительных мероприятий большую роль играет не только характеристика почвогрунтов покровных отложений, но и водно-физические свойства, гидрохимические параметры почвогрунтов зоны аэрации и их сложение по вертикали.

Типизация мелиорируемых земель по сложности промываемости зоны аэрации может осуществляться по дренированности почвенного профиля. По механическому составу нижнего подстилаемого горизонта (100—200 см) выделяются четыре категории дренированности почвенного слоя (30—100 см):

интенсивно дренированная, когда почвенный слой (30—100 см) подстилается хорошо проницаемыми песчаными грунтами;

дренированная, когда почвенный слой лежит на супесях и легких суглинках;

слабодренированная, где подпочвенный нижний горизонт представлен средним суглинком со слабопроницаемыми прослойками глин;

плоходренированная, где почвенный слой лежит на тяжелом суглинке или глине с гипсированными прослойками.

Количественную оценку дренированности предлагается осуществлять по критериальным данным (табл. 3). Анализ материалов по участкам показывает, что водно-физические свойства почв предопределяют их гидрохимические параметры. Земли, представленные интенсивно дренированным почвенным профилем, менее засолены, а грунтовые воды — слабоминерализованы и наоборот.

Особые сложности возникают при освоении трудномелиорируемых земель. К ним относятся:

сероземно-луговые почвы юго-восточной части Голодной степи, слоистые по механическому составу в зоне аэрации, с наличием на определенной глубине сильно уплотненного гипсового горизонта;

луговые сильнозасоленные почвы и солончаки Центральной Ферганы, резко слоистые по механическому составу, с наличием на определенной глубине плотного высококарбонатного (шохового) горизонта;

солончаки новоосваиваемых массивов Бухарской и Навоийской областей;

сильнозасоленные такырные, такырно-луговые почвы и такыры Каршинской степи, Бухарского оазиса и низовий Амударьи;

аллювиально-луговые пухлые солончаки Каракалпакии и Хорезма;

солонцовые почвы Обручевского понижения Джизакской степи.

Трудность рассоления таких почв заключается в том, что они характеризуются очень низкой фильтрационной способностью, поэтому для их промывки требуется длительное время (3—6 мес.) и огромное коли-

3. Изменение водно-физических свойств почв в зависимости от их сложения (дренированности)

Характеристика механического состава почвогрунтов верхнего горизонта (0—100 см)	Характеристика механического состава почвогрунтов подстилающего горизонта (100—200 см)					
	песок $\sigma=0,25-0,29$ $\lambda=0,3-0,6$	супесь $\sigma=0,12-0,19$ $\lambda=0,45-0,55$	легкий суглинок $\sigma=0,1-0,12$ $\lambda=0,45-0,5$	средний суглинок $\sigma=0,06-0,1$ $\lambda=0,45-0,5$	средний суглинок со слабо розницаемыми просохами $\sigma=0,05-0,06$ $\lambda=0,4-0,45$	тяжелый суглинок, глина $\sigma=0,01-0,05$ $\lambda=0,3-0,4$
	Коэффициент фильтрации почвогрунтов в слое 0—200 см, $K_{ф0-2}$ м/сут					
Песок (тонко- и средне-зернистый, барханный) $K_ф=0,37-0,85$ м/сут, $\sigma=0,12=0,18$ НВ—8—18%	0,48—0,74	0,43—0,59	0,37—0,52	0,24—0,44	0,15—0,26	0,085
Супесь и легкий суглинок $K_ф=0,03-0,3$ м/сут $\sigma=0,1-0,15$ НВ—18—25%	0,16—0,57	0,15—0,48	0,14—0,43	0,12—0,37	0,09—0,24	0,06—0,15
Средний суглинок $K_ф=0,04-0,13$ м/сут $\sigma=0,06-0,1$ НВ=25—36%	0,08—0,17	0,08—0,15	0,08—0,15	0,07—0,14	0,06—0,12	0,05—0,09
Тяжелый суглинок, глина $K_ф=0,02-0,04$ м/сут $\sigma=0,01-0,05$ НВ—36—45%	0,03—0,09	0,03—0,08	0,03—0,08	0,03—0,08	0,03—0,07	0,03—0,06

Примечание: $K_ф$ — коэффициент фильтрации; σ — полотна; λ — горизонт.

чество воды (25—40 тыс. м³/га). Но даже при этом не удается в первый год достичь требуемого рассоления верхнего метрового слоя почвы, то есть снизить содержание токсичных солей до 0,15—0,20%, а наиболее токсичного из них иона хлора — до 0,01—0,02% от массы почвы.

Резкая слоистость профиля почвогрунтов, наличие плотных гипсового или шохового горизонтов, увеличение плотности нижележащих горизонтов, наличие плотной такырной корки, а также солонцеватость некоторых почв обусловливают низкие коэффициенты фильтрации ($K_ф$ 0,01—0,03 м/сут) почвогрунтов и препятствуют нисходящему току воды и растворенных солей. На массивах с такими почвами резко снижается мелиоративная роль горизонтального и вертикального дренажа в рассолении корнеобитаемого слоя почвы при промывках и вегетационных поливах, промывные воды очень медленно подступают к дренам и слабо отводятся с промываемой площади.

Коэффициент промывного действия воды, то есть количество водорастворимых солей, вымываемых из верхней метровой толщи одним кубометром воды, для трудномелиорируемых почв в 3—5 раза меньше, чем на почвах с благоприятными водно-физическими свойствами.

Трудномелиорируемые почвы бедны органическим веществом и питательными элементами, характеризуются низким естественным плодородием. При традиционных способах освоения и мелиорации урожайность хлопчатника и других сельскохозяйственных культур растет очень медленно. Основной задачей освоения земель после капитальных планировки и промывки является восстановление и повышение почвенного плодородия.

Таким образом, промывка трудномелиорируемых засоленных почв и их последующее освоение требуют дифференцированного подхода с учетом классификации почв.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА НОРМ И ТИПЫ ПРОМЫВНЫХ ПОЛИВОВ*

1. Расчет промывных норм

Определение объема водоподачи, требуемого для рассоления расчетного слоя, является одним из основных вопросов проектирования и эксплуатации мелиоративных систем. В частности, мощность дренажных систем и необходимость строительства временного дренажа во многом зависят от объема потребной для рассоления воды.

К настоящему времени сложилось, в основном, два подхода к расчету промывной воды: на основе эмпирических зависимостей и по зависимостям, полученным из решений математических моделей физико-химической гидродинамики.

Определение промывных норм по эмпирическим формулам просто и, зачастую, не нуждается в дополнительных изысканиях для определения параметров, входящих в эти зависимости.

Вместе с тем расчеты, выполненные по эмпирическим формулам, в некоторых случаях обладают недостаточной точностью, не дают необходимого представления о характере перераспределения солей по глубине в результате планируемых промывок, то есть они слишком грубы для прогнозирования мелиоративных процессов, протекающих в почвогрунтах в период промывок. Поэтому в последние годы расчет промывок засоленных земель выполняется посредством решения математических моделей, описывающих протекание физико-химических процессов в почве при промывках.

* В написании главы принимал участие О. М. Белоусов.

Такие расчеты обладают рядом преимуществ по сравнению с расчетами, выполненными по эмпирическим формулам, а именно, они во многих случаях обладают более высокой точностью и позволяют судить об изменении эпюры запасов солей в толще почвогрунтов под влиянием промывки, что помогает лучше вникнуть в суть конкретного опреснительного процесса.

Для расчета промывной нормы на основе решения уравнения конвективной диффузии требуется знание параметров солепереноса, для нахождения которых приходится проводить дополнительные исследования.

Широкие возможности открываются при расчете промывных норм посредством реализованных на ЭВМ математических моделей совместного переноса воды и солей (Абуталиев Ф., Абуталиев Э., 1968; Полубаринова-Кочина П., Пряжинская В., Эмих В., 1969; Лукнер Л., Шестаков В., 1976; Рамазанов А., Курбанбаев Е., Якубов Х., 1978; Количественные методы мелиорации, 1974; Моделирование водно-солевого режима, 1976; Методы прогноза солевого режима, 1979). На базе такого рода многовариантных расчетов с различным соотношением водоподачи и дренажа существует возможность находить варианты с наиболее эффективной промывной нормой, обеспечивающей необходимое опреснение почвы при минимальных затратах промывной воды. В то же время для определения объема эксплуатационных рассолительных мероприятий достаточными являются эмпирические методы расчета.

К настоящему времени разработано значительное количество эмпирических и полуэмпирических зависимостей, которые с удовлетворительной для практики точностью позволяют находить величину промывной нормы. Они чаще всего применяются для определения промывной нормы при проектировании рассолительных мероприятий для локальных участков и эксплуатационного периода работы дренажа.

В практике проектирования рассолительных мероприятий наиболее широкое распространение получила формула В. Волобуева (1959), которая отличается надежностью и точностью расчета для земель, представленных сильной степенью засоления почвогрунтов. Она имеет вид:

$$N = 10000 \lg \left(\frac{S_0}{S_1} \right)^{\alpha}, \qquad (2.1)$$

где S_0, S_1—соответственно исходное и допустимое содержание солей в метровой толще почвогрунта, %

α— показатель солеотдачи.

Формула (2.1) выведена на основании обработок результатов промывок, полученных в различных природно-хозяйственных условиях, и описывает закономерности опреснения верхнего слоя почвогрунтов. По мере снижения степени засоления точность расчета падает и для слабозасоленных почв дает недостоверный результат.

Зависимость, установленная Паниным П. (1968), имеет аналогичный вид с формулой (2.1)

$$Q_a = ПК \cdot 2{,}3 \lg \frac{S_0}{S_1}, \qquad (2.2)$$

где Q_a—активная промывная норма или количество профильтрованной воды, м³;

$П$—предельная полевая влагоемкость; % от веса почвы;

K—эмпирический коэффициент.

Для условий Чуйской долины Дуюновым И. (1978) предложена зависимость для расчета промывной нормы с учетом скорости фильтрации промываемого слоя

$$N = П \frac{1 - \left(\frac{S_1}{S_0} \right)^{n}}{a \cdot n}, \qquad (2.3)$$

где a и n — параметры формулы, которые находятся опытным путем. Причем a зависит от скорости фильтрации, так при $n = 0{,}5$

$$a = \frac{V + 0{,}006}{0{,}068}$$

Здесь V — скорость фильтрации, м/сут.

Ковда В. (1967) предложил формулу для определения нормы промывки в условиях активных гидроморфных солончаков, имеющих близкие грунтовые воды с капиллярной каймой, доходящей до пахотного слоя.

$$N = 1000 \cdot (\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot x \cdot 4 - 1), \qquad (2.4)$$

где коэффициенты η_1, η_2, η_3, η_4 зависят, соответственно, от литологии почвообразующей и подстилающей породы, уровня грунтовых вод, их минерализации, гидростатического напора грунтовых вод;

x — процент солей в двухметровом слое.

В основу расчетных формул Костякова А., Розова Л., Легостаева В., Астапова С. положена предпосылка поршневого вытеснения раствора солей из почвы пресной водой после перехода их в раствор вследствие насыщения почвы до предельной полевой влагоемкости.

Наиболее характерной в этом отношении является формула Костякова А. (1962), имеющая вид:

$$N = 100 \cdot h \cdot d(П - W_0) + \frac{S_0 - S_1}{K}, \qquad (2.5)$$

где d — вес единицы объема почвы, т;

$П$ — предельная полевая влагоемкость почвы, % от веса почвы;

W_0— наличие влажности в почве в момент промывки, % от веса почвы;

K — коэффициент формулы, т/м³.

При боковой промывке промывную норму рекомендуется определять по формуле А. Калашникова (1967):

$$N = 10000(\alpha H + \gamma_i \cdot m \cdot h), \qquad (2.6)$$

где α — свободная часть порозности почвогрунтов зоны аэрации;

H — исходная глубина грунтовых вод;

m — общая порозность почвогрунтов;

η — эмпирический коэффициент формулы, изменяющийся в пределах 1,2—2,5.

Заданная глубина опреснения почвогрунтов h принимается в зависимости от гидрогеологических и мелиоративных условий с учетом эпюры распределения содержания солей в почвенном профиле.

Зависимость, полученная Н. Минашиной (1972), учитывает не только принцип поршневого вытеснения солевого раствора, но и минерализацию промывной воды.

$$N = \left(\lg \frac{C_1 - C_{op}}{C_0} : \lg \frac{\Pi_h}{m_h}\right) \cdot (m_h \cdot n_n) \qquad (2.7)$$

где C_1—концентрация почвенного раствора в конце промывки, г/л;

C_0—концентрация почвенного раствора до начала промывки, г/л;

C_{op}— минерализаций промывной воды, г/л;

Π_h, m_h—предельная полевая и полная влагоемкость расчетного слоя мощностью h, % от веса почвы.

Эта особенность формулы (2.7) позволяет производить расчет промывной нормы при использовании дренажных вод на промывку земель.

Согласно методическим рекомендациям (Методические рекомендации по улучшению мелиоративного состояния, 1980), расчет промывных норм при промывках с использованием минерализованной воды следует выполнять по формуле:

$$N = \Pi \left[\frac{1 - \left(1 - \frac{S_1 - S_{op}}{S_0} \cdot n\right)}{d + n} \right]. \qquad (2.8)$$

При проведении прерывистых промывок рекомендуется использовать следующую зависимость:

$$N = \frac{-U_x \left[1 - \left(\frac{S_1 - C_{op}}{S_0} \right) \cdot n' \right]}{d' \cdot n' \cdot \ln \left(1 - \frac{U}{W'} \right)}, \qquad (2.9)$$

где W^1 — максимальный запас влаги в расчетном слое почвогрунтов, м³/га;

$$W' = \Pi \cdot \beta \cdot \sigma$$

σ — водоотдача почвогрунтов, м³/га;

U — суммарное испарение и отток из расчетного слоя почвогрунтов между подачей разовых норм, м³/га;

d', n' — эмпирические параметры формулы для случая прерывистых промывок.

Обработка результатов натурных исследований, полученных на опытно-производственных участках, заложенных в различных природно-хозяйственных условиях с использованием вод повышенной минерализации, позволила САНИИРИ получить зависимость, описывающую закономерность выноса солей из расчетного слоя (Указания по технологии промывок засоленных земель, 1980). Формула имеет вид близкий зависимости В. Волобуева (2.1):

$$N = \alpha \lg \frac{S_0 - \beta \cdot C_{op}}{S_1 - \beta \cdot C_{op}}, \qquad (2.10)$$

где β—коэффициент распределения массы расчетного компонента солей между твердой и жидкой фазами почвы.

Зависимость (2.10) имеет смысл при $S_1 > \beta \cdot C_{op}$. Это неравенство выражает тот факт, что водой минерализации C_{op} можно опреснить почвогрунты лишь до предела $S_1 = \beta \cdot C_{op}$.

Нахождение параметров зависимости (2.10) обычно не вызывает затруднений: коэффициенты солеотдачи α находятся из соответствующих таблиц (см. зависимость 2.1); коэффициенты β с точностью, достаточной для практики, можно получить как частное от деления процентного содержания солей в верхнем слое почвогрунта, находящимся ниже уровня грунтовых вод, на минерализацию грунтовых вод в том же слое.

В ряде случаев возникает задача расчета промывной нормы для опреснения толщи почвогрунтов более одного метра. Например, при организации промывок на фоне вертикального дренажа такая задача может возникнуть с целью выяснения глубины опреснения почвогрунтов и грунтовых вод покровных отложений. Что касается выбора глубины опреснения, то она в каждом конкретном случае должна определяться исходя из хозяйственно-экономических требований. Целесообразность такого выбора может быть доказана лишь в случае, если мы владеем методом расчета величины промывной нормы, способной опреснить почвогрунты на заданную глубину.

В. Волобуев считает, что для опреснения толщи незначительно больше метра, например, 1,5-метрового слоя, достаточным является принятие нормы также с коэффициентом 1,5. Имеющиеся в литературе данные подтверждают правомерность такого подхода. Однако такой прием расчета промывных норм при опреснении почвогрунтов на глубину 2—3 и более метров зачастую приводит к значительным ошибкам, что подтверждается результатами промывок на опытно-производственных участках САНИИРИ.

Как отмечает Волобуев В., при расчете промывной нормы для опреснения толщи почвогрунтов более метра необходимо учитывать характер изменения выщелачивания по глубине, что не учитывается формулой (2.1).

Процесс опреснения в глубь почвогрунтов при промывках достаточно точно отражается зависимостью:

$$h = \mu \lg \frac{S_h}{S_1}, \qquad (2.11)$$

где h—глубина, для которой определяется остаточное содержание, м;

S_h—остаточное солесодержание на глубине h, % от исходного;

S_1—остаточное солесодержание в слое 0—100 см, % от исходного.

Решая совместно (2.1) и (2.11), легко получить зависимость в виде:

$$N_h = \alpha \lg \frac{S^{\circ}_h}{S_h} + \frac{\alpha}{\mu} h, \qquad (2.12)$$

где S°_h—засоление до промывки на глубине h, %;

S_h—допустимое содержание солей на глубине h, %.

Как следует из этой зависимости, величина промывной нормы, необходимой для рассоления почвогрунтов на глубине h от S°_h до $\bar{S}_h$, зависит, помимо h и отношения S°_h к $\bar{S}_h$, также от способности к солеудержанию верхнего метрового слоя (коэффициент α) и от фильтрационных способностей почвогрунтов (μ).

Для условий Шурузякского понижения, например (α=2,59, μ=15), согласно (2.12) построен график остаточного солесодержания (по Cl′) в зависимости от глубины опреснения при различных водоотдачах (рис. 3). На рис. 3 штриховой линией показано относительное рассоление в глубь почвогрунта, соответствующее рассолению верхнего метрового слоя от 0,16% (засоление по Cl′ до введения в строй вертикального дренажа) до 0,03% от веса почвы.

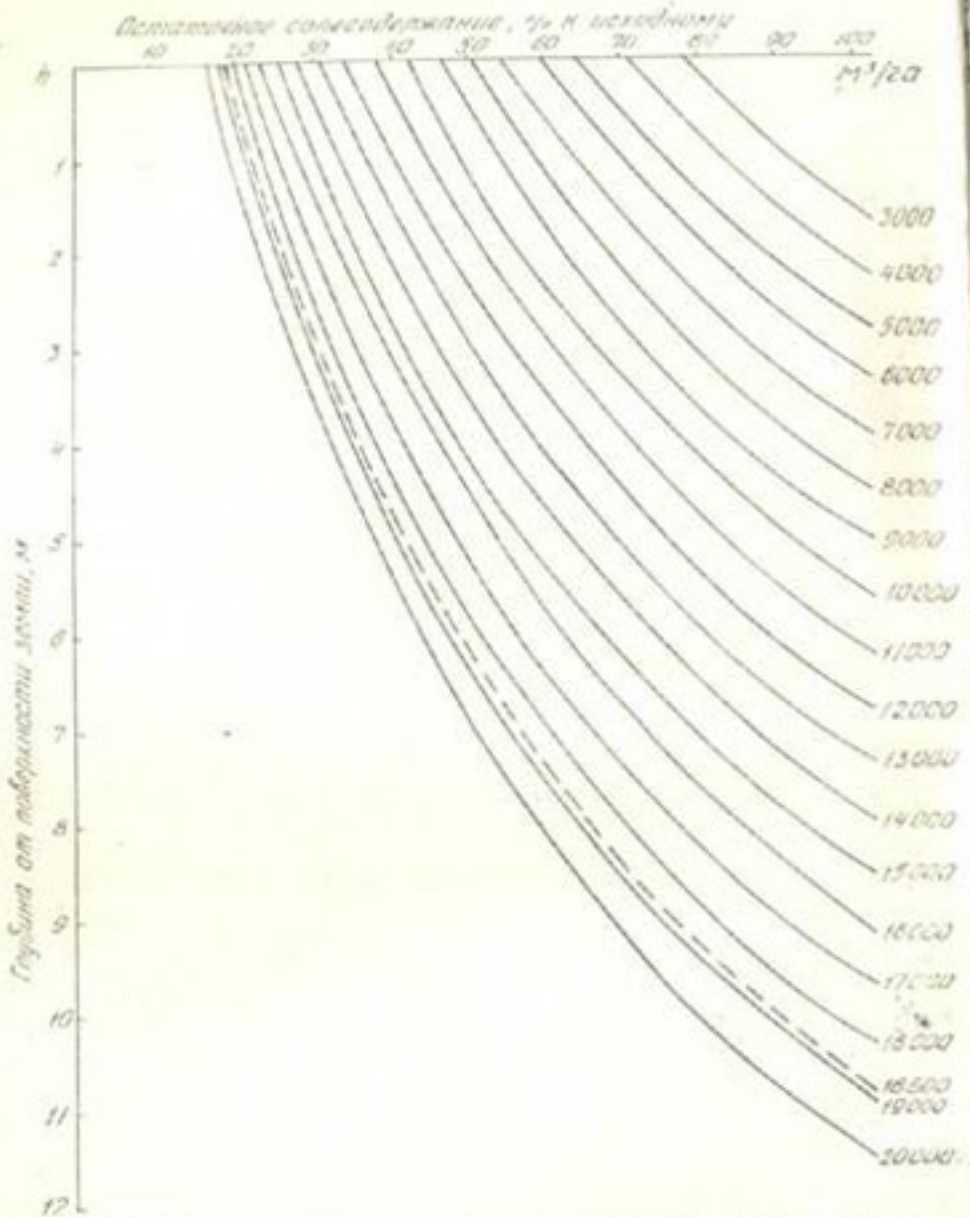

Рис. 3. Опреснение толщи почвогрунта по иону хлора при различных промывных нормах (α-2,59, μ-15).

Зная исходное засоление, легко с помощью графика определить промывную норму, способную опреснить требуемую толщу почвогрунтов до необходимых пределов.

2. Расчет промывных норм в условиях сильногипсированных почв

В мелиоративной практике зачастую опреснение засоленных земель значительно осложняется наличием в верхней части почвенного профиля уплотненных слабопроницаемых гипсированных прослоек (Решеткина Н., Якубов Х., 1978). В этих случаях для расчета промывных норм также может быть использована формула (2.1) с другими значениями коэффициента солеотдачи α.

Исследования в подобных условиях на опытно-производственных участках в колхозе «Большевик» (Ахунбабаевский район, Ферганская область; Еременко Г., Усманов А., 1967), в совхозе «Социализм» (Ворошиловский район, Сырдарьинская область; Якубов Х., Белоусов О., Иконому Д., 1978) показали, что ход рассоления, вызванный опытными промывками, вполне соответствует форме кривых опреснения почвогрунта, построенных по этой зависимости, а при правильном выборе параметра α этой формулой достигается необходимая точность расчета. Однако общепринятые значения параметра α, приведенные в имеющихся таблицах (Волобуев В., 1960; 1967; 1975; Инструкция по проектированию оросительных систем, 1975; Указания по проведению промывок, 1973; Указания по технологии промывок, 1980), не пригодны для расчетов в рассматриваемых условиях.

Для определения значений α, позволяющих рассчитывать промывные нормы в указанных условиях, была выполнена следующая работа.

По данным промывок (S_0^i, S_1^i, N^i — засоление до и после промывки и промывная норма в i-ой промывке), выполненных на указанных выше участках, было определено такое значение α, при котором наиболее точно описывается ход процесса выщелачивания солей для данных почвенных условий. С этой целью был применен метод наименьших квадратов (Демидович Б., Марон И., 1970). В результате получена зависимость расчета α по данным опытных промывок:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lg \frac{S_0^i}{S_1^i} N^i}{10000 \sum_{i=1}^{n} \left(\lg \frac{S_0^i}{S_1^i} \right)^2}, \qquad (2.13)$$

где n — количество выполненных промывок, шт.

Значение α для условий совхоза «Социализм» по плотному остатку составило 12,49 и 2,59 по иону хлора, а для почв колхоза «Большевик» по плотному остатку этот параметр в зависимости от мехсостава варьирует в пределах от 7,2 до 8,5, а по иону хлора — от 1,5 до 2,6.

Эти значения превосходят принятые для негипсированных почв того же мехсостава примерно в 1,5 раза.

Величина промывной нормы может быть найдена из графика, построенного по зависимости (2.1) при других значениях α. Такие графики приведены на рис. 4,5. По ним можно определить промывную норму, необходимую для удаления из метрового слоя планируемого количества солей, например, для того, чтобы снизить содержание солей в метровом слое с 2 до 1,6% по плотному остатку, необходимо провести промывку нормой 24—12—12 тыс. м³/га.

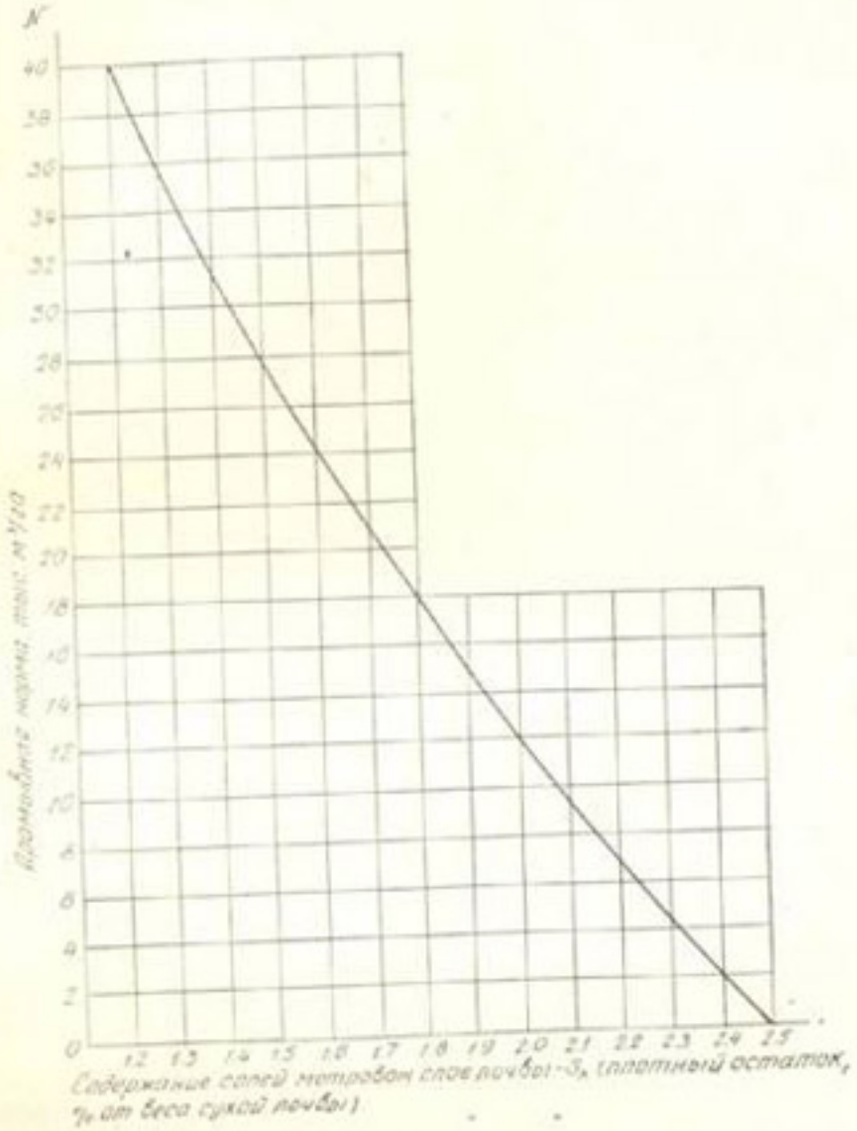

Рис. 4. График для расчета промывной нормы по плотному остатку согласно зависимости (2.1) при α-12,42.

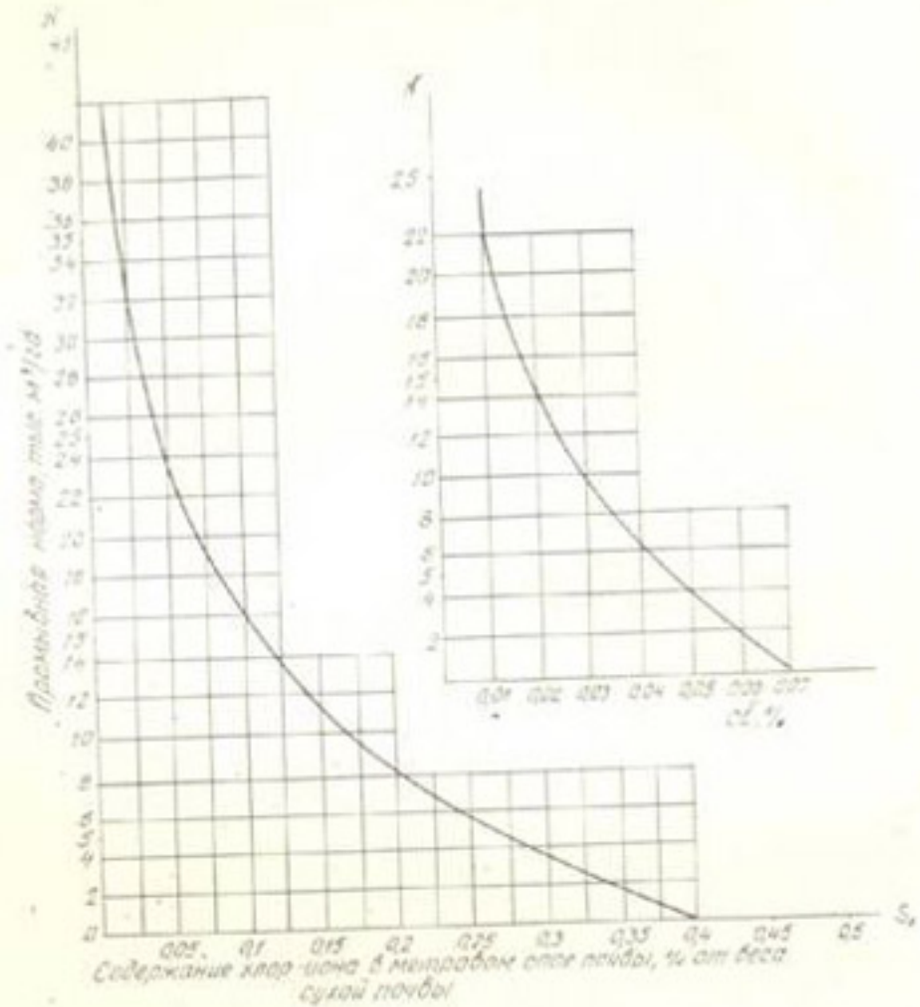

Рис. 5. График для расчета промывной нормы по хлор-иону согласно зависимости (2.1) при α=2,56.

3. Расчет промывной нормы заданной обеспеченности

В качестве примера приведем расчет промывной нормы 90% обеспеченности для опытно-производственного участка колхоза «Коммунизм» Калининского района Бухарской области.

Расчет промывной нормы произведем на основе содержания хлор-иона в верхнем метровом слое, установленном солевой съемкой в объеме 17 скважин ($n=17$). Параметр α формулы (2.1) вычислен методом наименьших квадратов на основе результатов серии опыт-

4. Результаты статистической обработки солевой съемки

Исходное засоление по хлор-иону, %	$\lg x_i = z_i$	$(z_i - \bar{z})$	$(z_i - \bar{z})^2$
0,045	$\bar{2}$,6532	0,2349	0,0552
0,080	$\bar{2}$,4771	0,0588	0,0035
0,015	$\bar{2}$,1761	−0,2422	0,0587
0,005	$\bar{3}$,3010	−0,7193	0,5174
0,010	$\bar{2}$,0	−0,4183	0,1750
0,080	$\bar{2}$,4771	0,0588	0,0035
0,040	$\bar{2}$,6021	0,1838	0,0338
0,045	$\bar{2}$,6532	0,2349	0,0552
0,030	$\bar{2}$,4771	0,0588	0,335
0,020	$\bar{2}$,3010	2,3010	0,1173
0,020	$\bar{2}$,3010	−0,1173	0,0138
0,030	$\bar{2}$,4771	0,0588	0,0035
0,030	$\bar{2}$,4771	0,0588	0,0035
0,050	$\bar{2}$,6990	0,2807	0,0788
0,025	$\bar{2}$,3979	−0,0204	0,0004
0,070	$\bar{2}$,8451	0,4268	0,1822
0,025	$\bar{2}$,3979	−0,0204	0,0004

Сумма по столбцам $-34 + 7,1110$ 1,2022

Выборочные параметры распределения $\bar{z} = \frac{34}{17} + \frac{7,111}{17} = \bar{2},4183$

$$S = \sqrt{\frac{1,2022}{16}} = 0,2741$$

ных промывок, проведенных в колхозе «Коммунизм», он равен 1,07. Ввиду того, что земли расположены в старой зоне орошения, распределение содержания хлор-иона по площади в метровом слое следует считать логнормальным. Статистическая обработка исходных данных солевой съемки представлена в табл. 4.

Значение z, соответствующее 90% обеспеченности, будет равно $z_{0,9} = \bar{z} + S \cdot U_{0,9}\ 2,4183 + 0,274 \times 1,28 = -1,2309$. Напомним, что значение U_{09} находится из таблицы значений $\Psi(P) = U(\Phi_0)$ — функции, обратной интегралу вероятности. Отсюда исходное расчетное засоление $X_{0,9}$ будет равно

$$S_0 = 10^{-1,2309} \approx 0,059.$$

И, наконец, определим промывную норму 90% обеспеченности, необходимую, чтобы снизить содержание солей в метровом слое по иону хлора от 0,059 до 0,01% по формуле (2.1).

$$N = 10000 \times 1,07 \lg \frac{0,059}{0,01} \approx 8250 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Отметим, что при выборе процента обеспеченности промывных норм следует иметь в виду, что его повышение ведет к значительному увеличению объема водоподачи. Так, например, для рассмотренного случая повышение обеспеченности от 85 до 95, 97 и 99% увеличивает промывную норму соответственно на 24, 34 и 50%.

4. Классификация типов промывок

Промывные поливы являются основным приемом удаления солей из почвы. Сущность его заключается в растворении избыточного количества солей водой и последующем удалении солевого раствора из расчетной

толщи почвогрунтов. При подаче воды на промывку первоначально происходит заполнение свободной пористости.

В процессе насыщения почв водой происходит выщелачивание солей и обогащение концентрации почвенного раствора. После полного насыщения идет процесс фильтрации и выноса солей. С учетом механизмов перемещения солей В. Волобуевым (1948) выделено несколько типов промывок.

Промывка «осаждением» применяется при глубоком залегании уровня грунтовых вод. Вынос солей происходит при каждом поливе в некапиллярную зону (рис. 6а). При этом промывная норма (Q) равна количеству воды, затрачиваемой на насыщение почвы до предельно полевой влагоемкости (Q_1). Такова технология рассоления почв земель нового освоения.

Промывка «вымыванием» осуществляется водоотводом в капиллярную и некапиллярную зоны почвогрунтов (рис. 6б). В этом способе рассоления механизм перемещения солей заключается в выщелачивании их в грунтовую воду. При этом

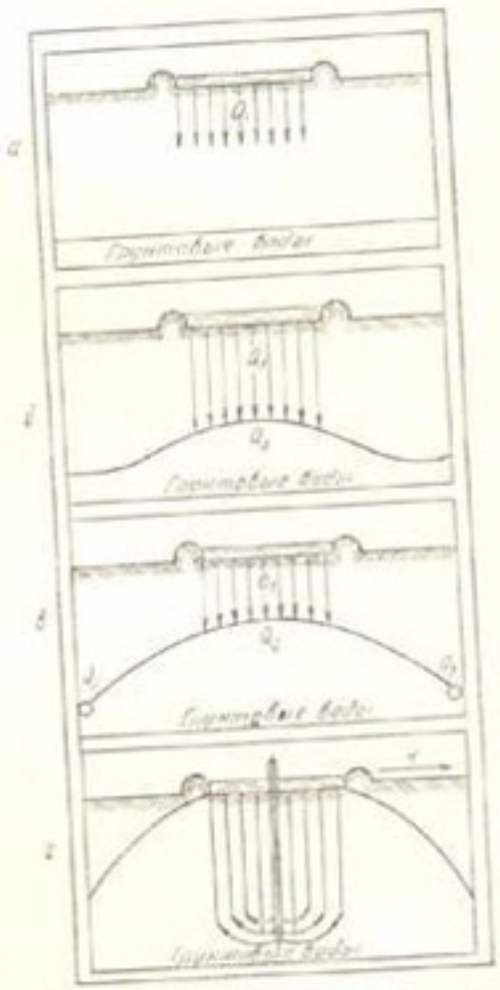

Рис. 6. Классификация типов промывок.

бугры грунтовых вод, образующиеся на участке при промывке, срабатываются за счет растекания в соседнюю зону. Такая промывка земель возможна в условиях низкого коэффициента использования земель за счет сухого дренажа. В этом случае промывная норма складывается из расхода воды, затраченного на насыщение до предельной влагоемкости Q_1, и сверх нее до полной влагоемкости $Q=Q_1+Q_2$.

Промывка с отводом воды при помощи дренажа (рис. 6в). Соли за пределы почвенного слоя удаляются через инфильтрационные воды. Промывная норма складывается из следующих составляющих:

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3,$$

где $Q_3=nm\cdot m$ — предельная полевая влагоемкость; n — коэффициент, зависящий от водно-физических свойств и степени засоления почв.

Промывка «выпором» (рис. 6 г). Сущность этого способа заключается в выносе солей за счет восходящего тока воды на поверхность земли и упаривания с последующим сгребанием их.

Наиболее эффективным типом рассоления почв является промывка, осуществляемая на фоне дренажа. Искусственный дренаж, усиливая дренированность территории, обеспечивает отвод солей, вынесенных из зоны аэрации, в грунтовые воды, за пределы орошаемого массива. Кроме того, дренаж позволяет регулировать мелиоративный режим в оптимальных диапазонах и тем самым обеспечивает предотвращение реставрации засоления почв или ослабляет этот процесс.

В настоящее время в аридных зонах для борьбы с засолением почв и для регулирования их водно-солевого режима внедряются следующие типы дренажа:

вертикальный дренаж. Он применяется на территориях, где литологическое строение представлено двух- и многослойными отложениями с водонасыщенными напорными пластами водопроводимостью больше 100—150 м² сут. При этом особую роль играют мощность и проводимость покровных отложений. Этот вид дренажа наиболее эффективен в условиях, где мощность покровного мелкозема изменяется в пределах от 10 до 45 м, а сопротивление $\left(\Phi=\sum_{i=1}^{n}\cdot\frac{m_i}{K_i}\right)$ отложений от 15 до 700 суток. При мощности покровного мелкозема $m\leqslant10$ м вертикальный дренаж создает большую неравномерность снижения грунтовых вод на территории, а при $m>45$ м снижается эффект от увеличения сопротивления мелкозема;

горизонтальный дренаж: устраивают на территории, представленной однослойными слабопроницаемыми отложениями с коэффициентом фильтрации 0,03—3 м/сут. Этот тип дренажа также эффективен при мелиорации земель, представленных двухслойными отложениями с мощностью покровного мелкозема $m<3$—4 м. В этом случае вскрываются покровные отложения и дренаж закладывается в нижний песчаный водоносный пласт. При расчлененных рельефных условиях горизонтальные дрены и коллектора закладываются по ложбинам, которые проходят по самым низким отметкам рельефа и имеют хорошие уклоны;

комбинированный дренаж (горизонтальный с вертикальными скважинами-усилителями) более эффективен на землях, представленных двух- и многослойными отложениями с напорными и субнапорными водосодержащими пластами при ограниченных мощностях покровного мелкозема до 10 м. При мощности покровного мелкозема более 10 м с величиной сопротивления более 150—300 суток снижается эффект от применения комбинированного дренажа.

В особо тяжелых почвенно-мелиоративных условиях работоспособность горизонтального и комбинированно-

го дренажа может быть усилена путем их вакуумирования.

В конечном счете выбор типа дренажа осуществляется на основе технико-экономического сравнения различных вариантов мелиорации земель. Однако дренаж сам по себе не рассоляет почвы, он создает условия для повышения эффективности мелиоративных мероприятий по рассолению земель, в первую очередь, по промывке почв, усиливая отток грунтовых вод. В определенных условиях дренаж, если он построен на начальных стадиях освоения, при правильно выбранном режиме орошения предупреждает засоление земель.

Опыт мелиорации засоленных земель крупных массивов показал достаточность мощности постоянного дренажа, рассчитанной исходя из условия дренированности территории от 3,5 до 6 тыс. м^3/ га в год.

Рассоление почв, как подверженных вторичному засолению, так и засоленных в начале освоения, достигается путем проведения промывок на фоне дренажа.

В аридной зоне СССР широко применяются два вида промывок: капитальная и эксплуатационная.

ГЛАВА 3. РАССОЛЕНИЕ ПОЧВ ПУТЕМ КАПИТАЛЬНОЙ ПРОМЫВКИ

1. Условия проведения капитальных промывок

Капитальные промывки проводятся при рассолении сильнозасоленных почв и солончаков и предназначены для единовременного опреснения корнеобитаемого слоя до необходимого предела. Они больше всего применяются на вновь осваиваемых землях. На староорошаемых землях капитальная промывка применяется при введении в сельскохозяйственный оборот сильнозасоленных внутриоазисных переложных земель. Рассоление таких почв требует значительного объема воды (более 10 тыс. м^3/га).

Проведение капитальных промывок требует создания более усиленной дренированности территории, чем при эксплуатационных. В связи с этим при капитальных промывках постоянный дренаж, рассчитанный из условия обеспечения требований эксплуатационного периода режима орошения сельхозкультур, усиливается временным. Временный дренаж работает только в период проведения капитальных промывок и, отводя излишек поверхностных вод, участвует в рассолении верхнего активного слоя почвы. При промывках основные требования предъявляют к глубине опресняемого слоя почвогрунтов, рассоляемого до предела, при котором обеспечивается нормальное развитие сельхозкультур. Поэтому норма капитальных промывок определяется исходя из условия рассоления корнеобитаемого слоя почвогрунтов с учетом степени и типа засоления, водно-физических свойств почв, а также дренированности орошаемых земель. При этом для пропашных культур

в качестве расчетного слоя принимается 1—1,5 м, а для многолетних насаждений —2,0 м.

На легких почвах со средней и сильной степенью засоления, где проницаемость $K_ф$ больше 0,5—1,0 м/сут, рассоление достигается промывной нормой порядка до 6,0—7,5 тыс. м³/га, а продолжительность ее проведения не превышает 1—1,5 месяца, капитальную промывку можно осуществлять без временного дренажа. Такие почвы обычно в сельхозоборот вводятся профилактическими промывками, проводимыми в эксплуатационный период работы дренажа. При этом наиболее высокий эффект по рассолению достигается при организации прерывистых промывок, с подачей воды тактами—2,0—2,5 тыс. м³/га за один полив. Для повышения равномерности рассоления по площади промываемого поля подачу воды следует лучше всего осуществлять со средней полосы междренья путем затопления каждого чека в отдельности из временных оросителей. Затопление чеков осуществляется снизу вверх. Размеры чеков зависят от рельефных условий: чем больше уклон местности, тем меньше размеры чеков. Оптимальными являются чеки размерами 0,25—0,5 га для капитальных промывок, проводимых на легких почвах.

С утяжелением проницаемости почв увеличиваются нормы и длительность промывок и появляется необходимость во временном дренаже и усилении дренированности территории с помощью постоянных искусственных дрен (табл. 5).

На средних по механическому составу почвах допускаются еще прерывистые промывки. Однако необходимость организации перерывов в процессе промывок наступает тогда, когда интенсивность выщелачивания солей и их остаточное содержание значительно уменьшаются. Для облегчения организации промывок на этих землях можно увеличить размеры чеков до 0,5—0,75 га с высотой валиков 0,6—0,7 м. Временный дренаж протяженностью 75—100 м/га и глубиной 0,8—1,0 м обес-

5. Классификационная схема рассоления метрового слоя почв и подготовка земель к освоению

Характеристика земель по проницаемости, м/сут	Дренированность почв, тыс. м³/га в год	Промывная норма, тыс. м³/га	Длительность промывки, месяц	Потребность во временном дренаже, м/га
Хорошо проницаемые, среднего и сильного засоления, $K_ф > 1$	3,5—4,0	6,0—7,5	1,0—1,5	Не обязат.
Среднепроницаемые, среднего и сильного засоления, $K_ф = 0,3 \div 1,0$	4,0—4,5	10—12	1,5—2,0	Не обязат.
Пониженной проницаемости, среднего и сильного засоления, $K_ф = 0,1—0,3$	4,5—5,0	12—15	1—3	50—100
Низкой проницаемости, среднего и сильного засоления, $K_ф = 0,05—0,1$	5,0—6,5	15—25	3—5	150—200
Очень низкой проницаемости, среднего и сильного засоления, $K_ф < 0,05$	6,5	25	более 5	250—300

печивает более равномерное опреснение почвы по всему профилю. Следует отметить, что на средних почвах на фоне вертикального дренажа равномерного рассоления почвогрунтов можно добиться без устройства временного дренажа. Это достигается путем усиления объема откачек в конце вегетации перед промывками и в процессе их проведения. Усиление объема откачек в конце вегетации и осенью обеспечивает большую свободную емкость почвогрунтов перед промывкой. Промывка земель при большой свободной емкости почвогрунтов резко повышает рассоляющий эффект воды. На тяжелых почвах наибольший эффект по рассолению дает промывка со сплошным затоплением. В этом случае допускается промывка по крупным чекам, размеры

которых достигают одного гектара и более. При этом валики устраиваются высотой не менее 0,75 м; временные оросители чередуются временными дренами.

Многолетние натурные исследования, проведенные в различных почвенно-гидрогеологических условиях, показывают, что временный дренаж глубиной до 1,0 м и протяженностью 100—250 м/га в сочетании с постоянным позволяет ускорить срок опреснения почв с низкой проницаемостью – $K_ф$<0,10 м/сут. В то же время с уменьшением проницаемости почв меньше 0,1 м/сут увеличивается неравномерность рассоления почв. Почвы с проницаемостью $K_ф$>0,05 м/сут относятся к категории трудномелиорируемых земель. Форсирование рассоления таких земель может быть достигнуто применением различных методов воздействия на почвогрунты, обеспечивающих улучшение их структуры и промываемости. К ним, по Климовой Г. (1986), относятся следующие методы воздействия:

гидротехнические — боковые промывки, двухъярусные дрены и вакуумирование дренажа;

физико-технические. В качестве ускорения рассоления почв применяются постоянные электрообработки и омагниченные воды;

химические. Применяются различные химикаты-структурообразователи, в частности, полимеры К-4, К-9 и др.;

гидробиотехнологические. В качестве гидробиотехнологических способов широко применяются различные культуры-освоители повышенной солеустойчивости;

агротехнические. К этой категории мероприятий относятся такие приемы ускорения рассоления, как промывка через культуру риса, глубокая вспашка и рыхление с внесением органических удобрений, а также щелевание почв. Эффективность этих мероприятий наглядно видна по данным, представленным на рис. 7.

Самый высокий эффект от промывки как по рассолению корнеобитаемого слоя, так и по повышению урожайности хлопчатника дало глубокое рыхление с внесением навоза в объеме 30 т/га. В этом варианте из активной зоны вынесено 183,5 т/га солей, в том числе 78,2 т хлор-иона, а урожайность хлопчатника составила 18,3 ц/га.

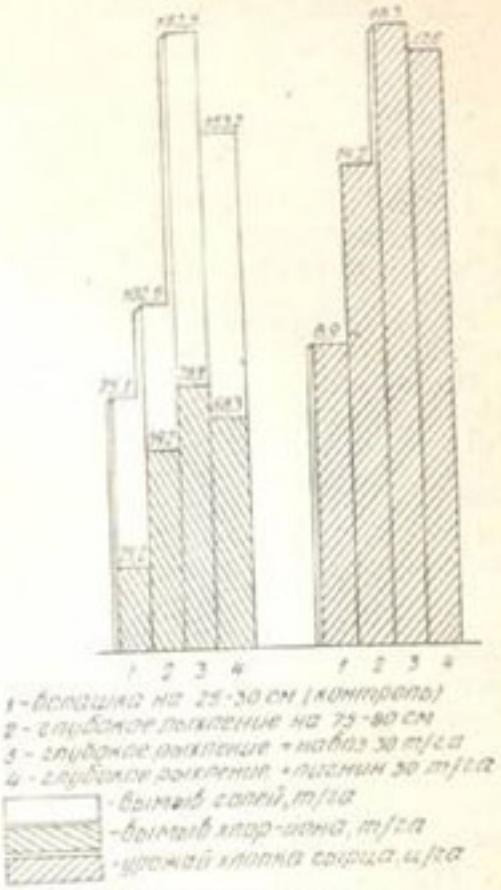

Рис. 7. Влияние глубокого рыхления и внесения органических удобрений на эффективность промывки и урожайность хлопчатника (N-8,5—9,0 тыс. м³/га).

С экономической точки зрения, глубокое рассоление почв наиболее выгодно достигается летними промывками через культуру риса. В этом случае затраты на проведение капитальных промывок окупаются урожаями риса.

Следует отметить, что при капитальных промывках резко сокращается продолжительность рассоления зоны аэрации и верхнего слоя грунтовых вод, она изменяется в зависимости от проницаемости и степени засоления почв: от одного до трех — для горизонтального, одного — для вертикального и до двух лет — для комбинированного дренажа. Далее представлен сравнительный эффект от капитальной промывки на фоне различных типов дренажа при одинаковой дренированности территории (засоленность средняя и сильная) в зависимости от почвенных условий:

Почвенные условия	горизонтальный дренаж	вертикальный дренаж	комбинированный дренаж
Легкие почвы, $K_ф > 0.5$ м/сут.			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	60—75	40—50	45—55
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	1—2	за год	за год
Средние почвы, $K_ф = 0.1 - 0.5$ м/сут.			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	100—150	75—100	100—150
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	1—2 года	за год	1—2 года
Тяжелые почвы, $K_ф < 0.1$ м/сут.			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	200—250	100—150	150—200
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	2—3 года	за год	за 2 года

С повышением проницаемости почвогрунтов сокращается продолжительность рассоления зоны аэрации и опреснения верхнего слоя грунтовых вод, снижается расход воды на вынос одной тонны солей из активного слоя почвы; для легких почв затраты воды изменяются при разных типах дренажа от 40 до 150, а для тяжелых — от 100 до 250 м³ на тонну.

При этом наименьшие затраты воды на вынос одной тонны солей, наименьшая продолжительность рассоления почвогрунтов зоны аэрации и опреснения верхнего слоя грунтовых вод наблюдаются на фоне вертикального дренажа. Это объясняется тем, что вертикальный дренаж позволяет регулировать уровень грунтовых вод в больших диапазонах (от 2 до 5 м и более), тем самым исключая реставрацию засоления в течение года, а также создает лучшие условия сработки промывных инфильтрационных вод. Кроме того, вертикальный дренаж обеспечивает более равномерное рассоление почв. На равномерность рассоления большое влияние оказывает качество планировки поверхности поля. При правильной планировке обеспечивается равномерное затопление чеков при промывках и увлажнение по длине борозд во время полива сельхозкультур.

На самых трудномелиорируемых землях с коэффициентом фильтрации 0,03—0,075 м/сут и представленных сильнозасоленными почвогрунтами и солончаками рассоление почв может быть достигнуто методом двухстадийной промывки (Климова Г., 1987). Сущность этого метода заключается в том, что на первой стадии промывки в дополнение к постоянному дренажу нарезается временный учащенный дренаж. Это создает в центре междренья повышенные скорости фильтрации — до 7—10 мм/сут. На второй стадии производится допромывка полос, занятых отвалами вдоль временных дрен.

Метод рассоления почв путем проведения капитальных промывок имеет ряд недостатков, главными из которых являются потребность больших норм воды, исключение земель из сельхозоборота, обеднение почв питательными элементами, разрушение откосов коллекторов и т. д.

Результатами научных исследований и производственными опытами доказана возможность рассоления сильнозасоленных почв и солончаков без капитальных промывок путем проведения промывного режима орошения в годовом разрезе. Примерами постепенного рассоления земель орошаемых массивов на фоне дренажа и увеличения урожайности сельхозкультур на них могут служить Ферганская долина, Голодная степь и низовья Амударьи.

2. Рассоление сильногипсированных засоленных почв на фоне вертикального дренажа

Натурные исследования рассоления тяжелопроницаемых почв были организованы на опытно-производственном участке в совхозе «Социализм» Ворошиловского

Почвенные условия	горизонтальный дренаж	вертикальный дренаж	комбинированный дренаж
Легкие почвы, $K_ф > 0,5$ м/сут.			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	60—75	40—50	45—55
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	1—2	за год	за год
Средние почвы, $K_ф = 0,1 - 0,5$ м/сут.			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	100—150	75—100	100—150
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	1—2 года	за год	1—2 года
Тяжелые почвы, $K_ф < 0,1$ м/сут.			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	200—250	100—150	150—200
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	2—3 года	за год	за 2 года

С повышением проницаемости почвогрунтов сокращается продолжительность рассоления зоны аэрации и опреснения верхнего слоя грунтовых вод, снижается расход воды на вынос одной тонны солей из активного слоя почвы; для легких почв затраты воды изменяются при разных типах дренажа от 40 до 150, а для тяжелых — от 100 до 250 м³ на тонну.

При этом наименьшие затраты воды на вынос одной тонны солей, наименьшая продолжительность рассоления почвогрунтов зоны аэрации и опреснения верхнего слоя грунтовых вод наблюдаются на фоне вертикального дренажа. Это объясняется тем, что вертикальный дренаж позволяет регулировать уровень грунтовых вод в больших диапазонах (от 2 до 5 м и более), тем самым исключая реставрацию засоления в течение года, а также создает лучшие условия сработки промывных инфильтрационных вод. Кроме того, вертикальный дренаж обеспечивает более равномерное рассоление почв. На равномерность рассоления большое влияние оказывает качество планировки поверхности поля. При правильной планировке обеспечивается равномерное затопление чеков при промывках и увлажнение по длине борозд во время полива сельхозкультур.

На самых трудномелиорируемых землях с коэффициентом фильтрации 0,03—0,075 м/сут и представленных сильнозасоленными почвогрунтами и солончаками рассоление почв может быть достигнуто методом двухстадийной промывки (Климова Г., 1987). Сущность этого метода заключается в том, что на первой стадии промывки в дополнение к постоянному дренажу нарезается временный учащенный дренаж. Это создает в центре междренья повышенные скорости фильтрации — до 7—10 мм/сут. На второй стадии производится допромывка полос, занятых отвалами вдоль временных дрен.

Метод рассоления почв путем проведения капитальных промывок имеет ряд недостатков, главными из которых являются потребность больших норм воды, исключение земель из сельхозоборота, обеднение почв питательными элементами, разрушение откосов коллекторов и т. д.

Результатами научных исследований и производственными опытами доказана возможность рассоления сильнозасоленных почв и солончаков без капитальных промывок путем проведения промывного режима орошения в годовом разрезе. Примерами постепенного рассоления земель орошаемых массивов на фоне дренажа и увеличения урожайности сельхозкультур на них могут служить Ферганская долина, Голодная степь и низовья Амударьи.

2. Рассоление сильногипсированных засоленных почв на фоне вертикального дренажа

Натурные исследования рассоления тяжелопроницаемых почв были организованы на опытно-производственном участке в совхозе «Социализм» Ворошиловского

района Сырдарьинской области (ныне «50 лет Узбекистана»), где в 1963—1965 гг. были построены 28 высокодебитных скважин на площади 3,0 тыс. га. Дебиты скважин изменялись в пределах 80—120 л/с, при суммарном отборе подземных вод в порядке 2,5—3,0 м³/с. Такой объем отбора создал высокую дренированность земель, где дренажный модуль достигал 0,28—0,36 л/с·га. Опыты проводились в двух вариантах — рассоление земель путем проведения капитальных промывок; рассоление почвогрунтов через посевы риса.

По сложности рассоления почв территория участка относится к сложным гидрогеологическим условиям, где покровный мелкозем мощностью 18—30 м подстилается хорошопроницаемыми гравийно-песчаными отложениями с проводимостью более 2000 м²/сут.

Покровный мелкозем представлен слоистыми отложениями тяжелого механического состава (средние и тяжелые суглинки чередуются прослоями песков, глин и супесей). Осредненный коэффициент фильтрации грунтов покровных отложений составляет 0,05—0,07 м/сут, а коэффициент сопротивления (Φ) изменяется от 350 до 530 сут. Гидравлическая связь между грунтовой водой и водой каптируемого слоя несколько снижена и характеризуется величиной $W=0{,}012—0{,}004$ м/сут.

Почвы опытно-производственного участка (ОПУ) относятся к плоходренированным разностям, где верхний суглинистый почвенный горизонт повсеместно подстилается гипсированными прослойками и глинами.

Водно-физические свойства почвогрунтов опытного участка в целом характеризуются следующими величинами: объемная масса —1,3—1,6 г/см³, с глубиной повышается до 1,8 г/см³; плотность —2,6—2,7 г/см³; порозность — равная 47—48% в пахотном горизонте, с глубиной снижается до 39%; максимальная гигроскопичность почв —6—10%; коэффициент фильтрации пахотного слоя —0,07—0,15 м/сут, а гипсовой прослойки не превышает 0,01—0,08 м/сут.

Особенностью почвенного профиля является высокая засоленность и гипсоносность. Плотные горизонты расположены на глубине 0,7—1,5 (реже до 2 м) от поверхности земли; содержание гипса в них колеблется в пределах 25—40% к весу сухой почвы, что характерно землям, расположенным в пределах Шурузякского массива Голодной степи.

Промывка проведена с 23 марта по 20 ноября 1966 г. на площади 14 га. Для промывки была использована подземная вода, откачиваемая из скважины с минерализацией 1,5 г/л по плотному остатку и 0,3—0,5 г/л по хлор-иону. Водно-физические свойства почвогрунтов зоны аэрации опытного поля идентичны вышеописанным. Средняя промывная норма по опытному полю составила 18 тыс. м³/га (брутто), а на отдельных учетных делянках она достигла 31 тыс. м³/га.

Уровень грунтовых вод до промывки залегал на глубине 3—3,5 м, минерализация их колебалась от 6 до 25 г/л. Исходное содержание легкорастворимых солей составляло в среднем 2% по плотному остатку и 0,20% по хлор-иону от веса сухой почвы.

Промывку осуществляли способом затопления по чекам без сброса. В процессе промывок уровень грунтовых вод значительно повысился, и в зависимости от длительности затопления и подачи воды он залегал на глубине 0,3—0,5 м от поверхности земли.

Пьезометрический напор колебался в пределах 2,5—3 м от поверхности земли. Градиент напора при нисходящем движении промывных вод в среднем составил 0,14, а скорость фильтрации при промывках —до 0,008 м/сут ($V_{ср}=0{,}0045$ м/сут) против 0,0025—0,003 м/сут при обычных режимах орошения. При промывке нормой в среднем 18,0 тыс. м³/га (брутто) зона опреснения почв распространилась до глубины 3 м.

Из метрового слоя почвы было вымыто 25,3% плотного остатка, в том числе 79,8% хлор-иона и 12,4% иона серной кислоты.

В двухметровой толще количество солей уменьшилось соответственно на 21,9, 77,8 и 12,35% от исходного их содержания.

Всего из трехметрового слоя почвогрунта было удалено 16,2% плотного остатка, 74% хлор-иона и лишь 2% иона серной кислоты.

По отдельным учетным чекам вынос солей из трехметрового слоя изменялся от 10,7% по плотному остатку и 51,2% хлор-иона при норме промывок 15 тыс. м³/га до 29,1% по плотному остатку и 82,5% по хлор-иону при норме 31,15 тыс. м³/га. При этом, по мере увеличения нормы промывок, рассолением охватывались более глубокие слои почвогрунтов зоны аэрации (рис. 8).

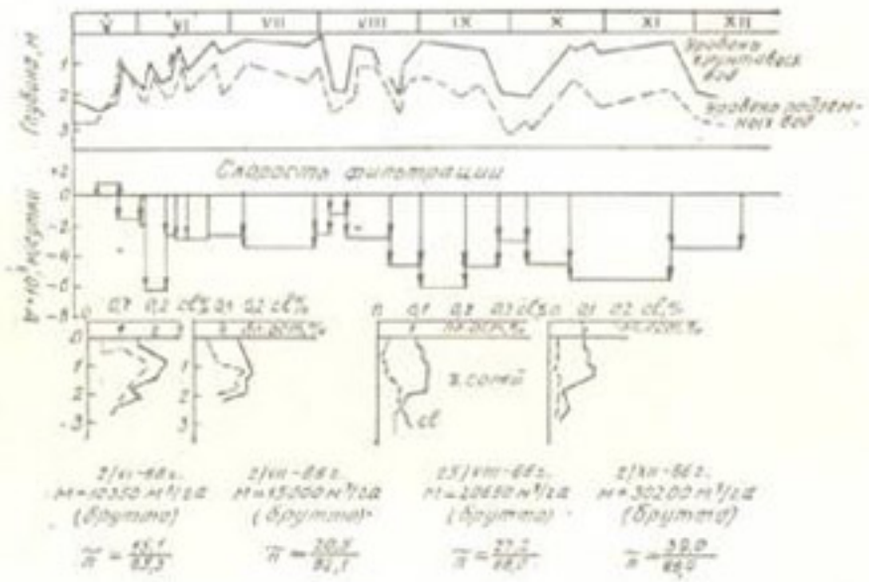

Рис. 8. Динамика водного и солевого режимов при промывках (с-з «Социализм»).

После промывки нормой в среднем 18 тыс. м³/га (брутто) общее содержание водорастворимых солей в метровом слое почвы снизилось с 1,89 до 1,28% от веса сухой почвы, что составляет 88 т/га, количество хлор-иона и иона серной кислоты уменьшилось соответственно на 0,19 и на 0,26%.

Вынос солей по горизонтам 1—2 м, 2—3 м и 3—4 м составил по плотному остатку соответственно 0,65, 0,15 и 0,22%, в том числе по хлор-иону —0,127; 0,066 и 0,013% и по иону серной кислоты —0,30; +0,05 и +0,01% от исходного их содержания.

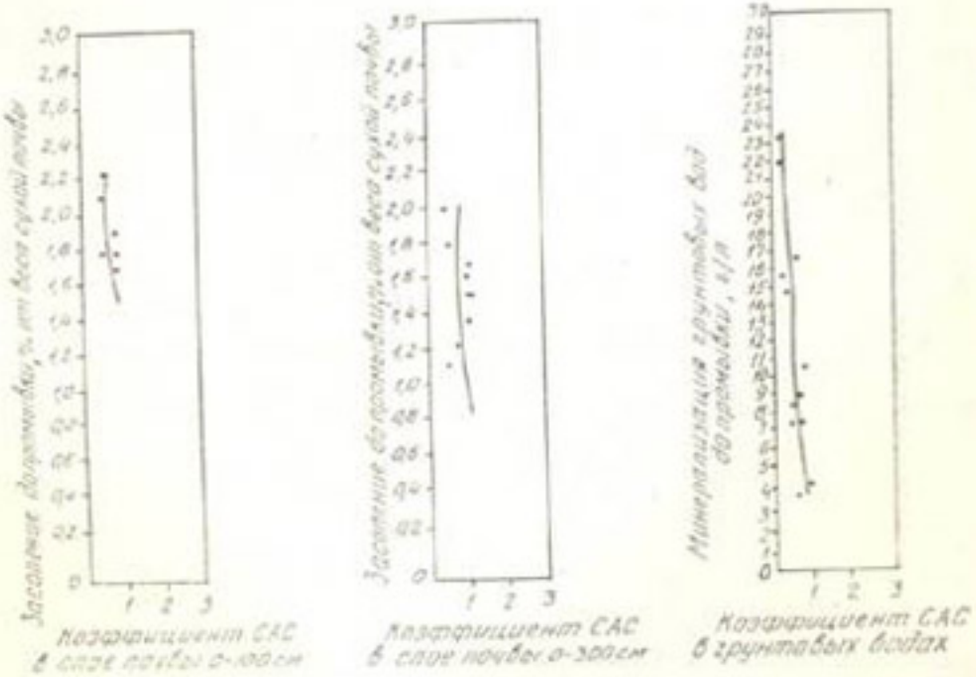

Рис. 9. Коэффициент САС в почвогрунтах и в грунтовых водах при промывках. М-18 тыс. м³/га.

Общий запас водорастворимых солей четырехметровой толщи почвогрунта уменьшился на 31,6%, хлор-иона — на 65% и иона серной кислоты — на 19,4% от первоначальных запасов.

Коэффициент сезонной аккумуляции солей (САС) после промывки по горизонтам 0—1 м, 0—4 м (зоны аэрации) и в грунтовой воде иллюстрируется кривыми (рис. 9).

Данные кривых указывают не только на рассоление почвогрунтов, но и опреснение грунтовых вод.

Опреснение грунтовых вод в период промывок происходит медленнее, чем рассоление верхних почвенных слоев. Причем в начале промывки наблюдается повышение минерализации грунтовых вод с 9 до 17 г/л за счет рассоления верхних слоев почвы, а в дальнейшем, с увеличением водоподачи, ее снижение до 7—3,5 г/л. При этом опреснением грунтовых вод охвачены все территории опытного участка. Коэффициент опреснения минерализации грунтовых вод изменяется в пределах 0,16—0,76.

В процессе промывок происходят значительные изменения содержания и состава солей почвогрунтов:

Глубина, м	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Сумма вредных солей
	% от веса сухой почвы					
До промывки						
0—1	0,296	0,0330	0,304	0,052	0,860	1,01
1—2	0,222	0,092	0,245	0,069	0,74	0,614
2—3	0,173	—	0,170	0,077	0,045	0,345
0—3	0,230	0,140	0,239	0,066	0,549	0,656

После промывки нормой 31,1 тыс. м³/га (нетто)						
0—1	0,079	0,040	0,126	0,049	0,984	0,255
1—2	0,094	0,047	0,112	0,054	0,490	0,251
2—3	0,100	0,088	0,074	0,058	0,108	0,222
0—3	0,091	0,058	0,100	0,52	0,527	0,242
Изменения	—0,139	—0,082	—0,189	—0,014	—0,021	0,414
Вымыто	—60	—58	—57,5	—15,8	—0,38	—62,5

Содержание хлористого натрия после промывки нормой 18,0 тыс. м³/га (брутто) уменьшилось на 78,5%, сернокислого натрия — 17,6%, сернокислого магния — 58%, гидрокарбоната кальция —31%, а сумма вредных солей снизилась на 63% от исходного их содержания. Количество гипса после промывки увеличилось на 0,04% против исходного содержания, что, по-видимому, связано с выщелачиванием его из почвогрунта и осаждением в грунтовой воде. Соотношение хлор-иона и иона серной кислоты в процессе промывок изменилось с 6,8 до 26,0, что объясняется интенсивностью вымыва хлор-иона.

Водно-солевой баланс почв метрового слоя сложился по типу необратимого рассоления с выносом солей от 54,8 (чек 21) до 114,7 т/га (чек 76) (табл. 6). Количество воды, затраченное на вынос одной тонны солей, изменилось от 118 до 200 м³, а дренажный модуль —0,5—0,8 л/с.

Приведенные выше данные указывают на высокий рассоляющий эффект промывки на фоне вертикального дренажа, хотя она проводилась в летний период, когда испарение достигало максимальной величины. В то же время система работала с большими перебоями: КПР по месяцам изменялся в пределах 0,45—0,65, что сильно отражалось на эффекте проводимых рассолительных мероприятий.

6. Водно-солевой баланс метрового слоя почвы при промывке (март-ноябрь 1968 г.)

Показатель	Чек № 21, 50 м от скважины № 12		Чек № 76, 257 м от скважины № 12		Чек № 70, 476 м от скважины № 12	
	28. 03 по 23. 04	за сезон	24. 03 по 02. 06	02. 06 по 25. 08.	за сезон	23. 03. по 21. 12	за сезон
Водный баланс, м³/га							
Водоподача	6000	15000	6450	14400	30200	10070	19620
Осадки	525	888	522	106	958	525	953
Всего	6525	15888	6972	14506	31153	10695	20573
Испарение	2407	4939	1643	6483	11072	6094	10005
Рассоляющий расход	4118	10949	5329	8023	20081	4501	10568
Солевой баланс, т/га							
Приток солей с водоподачей:							
минерализация, г/л	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
соли, т/га	9,5	24,0	10,3	23,0	48,3	16,0	31,3
Рассоляющий расход:							
минерализация, г/л	8,2	7,2	10,5	8,0	8,2	12,0	8,8
соли, т/га	33,8	78,8	56,0	64,0	164,7	54,0	93,3
Изменение запасов солей, т/га	—24,3	—54,8	—45,7	—41,0	—114,7	—38,0	—62,0
Количество воды (м³), затраченное на вытеснение 1 т соли	170	200	119	195,0	175	118	170

3. Промывки трудномелиорируемых почв через культуру риса на фоне вертикального дренажа

Опыт рассоления тяжелопроницаемых почв через культуру риса проводился в 1967—1968 гг. на двух участках: на первом было выбрано два поля площадью 73,5 и 62 га, а на втором — одно поле площадью 162 га. Всего промывкой охвачено 297,5 га земель.

На первом поле опытного участка водоподача осуществлялась за счет откачиваемой воды из коллектора Шурузяк с минерализацией до 4,02 г/л и из скважин вертикального дренажа (1,5 г/л). На других полях для промывки использовалась смешанная вода из оросительной сети и из скважин с минерализацией 1,0—1,3 г/л.

Водно-физические свойства почв опытных полей, выбранных для промывки, идентичны вышеописанным: почвы сероземно-луговые среднего и местами тяжелого механического состава, подстилаемые прослойками супесей, глин и песков, сильнозасоленные, хлоридно-сульфатного типа. Основное количество солей сосредоточено в верхней трехметровой толще почвогрунтов, содержание которых колеблется в пределах от 1,5 до 2,5% по плотному остатку, в том числе по хлор-иону — от 0,10 до 0,30% от веса сухой почвы.

Почвы второго участка отличаются от первого повышенным содержанием легкорастворимых солей. Здесь содержание водорастворимых солей в метровом слое достигает 2,8% по плотному остатку и 0,39% по хлор-иону. К низу количество солей постепенно снижается. Гипсовые горизонты встречаются с глубины 40—160 см, а его содержание колеблется в пределах 20—40% (реже 50%) от веса сухой почвы.

До подачи воды грунтовые воды на участках залегали на глубине 2,5—3,0 м и имели минерализацию: на первом участке —5,6—8,7 г/л по плотному остатку и 1—2 г/л по хлор-иону, а на втором —5,4—11,46 г/л и

1,5—3,2 г/л соответственно. Пьезометрический уровень колебался в пределах 3—3,5 м от поверхности земли, а градиент напора —0,04—0,05 м.

С началом подачи воды на рисовых полях уровень грунтовых вод резко поднялся и через 8—10 дней достиг поверхности земли, а уровень напорных вод за этот период практически не изменился. Градиент напора варьировал в пределах 0,14—0,18, что создало нисходящие фильтрационные токи грунтовых вод в каптируемый водоносный пласт.

Скорость подъема грунтовых вод в период заливки чеков изменялась в пределах от 0,02 до 0,21 м/сут на первом и от 0,05 до 0,18 м/сут на втором участках.

Скорость снижения уровня грунтовых вод в первые 10 суток после прекращения полива по опытным участкам 1967 г. составила в среднем 0,20 м/сут, а в последующие 20 суток она уменьшилась до 0,03 м/сут и за последние 30 суток не превышала 0,01 м/сут.

Подача воды на рисовые поля начиналась в мае и завершалась в конце сентября. Водный баланс всех трех полей рисовых участков складывался так:

Статья баланса	1 участок, 1967 г.		2 участок, 1968 г.
Водоподача, тыс. м³/га	46,8	44,3	46,0
Поверхностный сброс, тыс. м³/га	22,9	19,5	25,5
Водоподача (нетто), тыс. м³/га	23,9	24,8	20,8
Подземный отток, тыс. м³/га	11,8	11,7	13,6
Суммарное испарение по разности, тыс. м³/га	12,1	13,1	8,13
То же по расчету Мильхиса Б. Е.	11,03	11,03	—
То же по расчету Блейни-Крыдло	9,15	9,15	9,43
Рассоляющий расход, тыс. м³/га	11,8	11,7	13,6

При таких размерах водоподачи и дренированности земель в процессе выращивания риса из метрового слоя было вынесено солей: на первом поле первого участка — 24—28% по плотному остатку и 76—85% по хлор-

7. Изменение засоления почвогрунтов под влиянием промывок через культуру риса (среднее по участкам), %

Показатель	Содержание солей в слое											
	1 участок						2 участок					
	0—1 м	1—2 м	2—3 м	0—1 м	1—2 м	2—3 м	0—1 м	1—2 м
Плотный остаток:								
до промывки	2,09	1,61		2,54	1,45		2,13	1,49
после промывки	1,32	1,40		1,28	1,42		1,47	1,57
Разница	—0,77	—0,21		—1,26	—0,013		—0,66	+0,08
По иону хлора:								
до промывки	0,196	0,154		0,351	0,140		0,238	0,152
после промывки	0,034	0,055		0,034	0,054	0,059	0,029	0,05
Разница	—0,162	—0,099		0,399	—0,086	—0,011	—0,209	—0,102
Коэффициент САС:								
по плотному остатку	0,63	0,83	1,02	0,50	0,98	1,10	0,69	1,05
по иону хлора	0,17	0,35	0,40	0,097	0,38	0,84	0,12	0,39

иону, а на втором поле —49% по плотному остатку и 90,2% по хлор-иону; на втором участке содержание солей в метровом слое почвы уменьшилось по плотному остатку на 91%, по хлор-иону —87,8%.

Остаточное содержание легкорастворимых солей в метровом слое изменялось по участкам от 1,28 до 1,47% по плотному остатку и по хлор-иону — от 0,029 до 0,034%. На втором метре наблюдалось небольшое накопление солей за счет иона серной кислоты, а по хлор-иону — вынос.

Коэффициент сезонной аккумуляции солей варьировал по участкам от 0,5 до 0,69 по плотному остатку для метрового слоя и 0,83 до 1,05 для второго метра. САС по хлор-иону изменялся в широких пределах: от 0,097 до 0,17 для метрового и 0,35—0,39 для второго метра (табл. 7).

При промывках через культуру риса, так же как без нее, происходили резкие изменения в составе водорастворимых солей: значительно снизилось содержание токсичных солей. В слое 0—3 м после промывки количество их не превышало 0,16% против исходного 0,39—0,47, что значительно ниже допустимого порога токсичности. В то же время количество кальция и гипса после промывки несколько повысилось.

В процессе промывок наблюдалось некоторое увеличение минерализации грунтовых вод за счет переноса водорастворимых солей из зоны аэрации. Общий диапазон увеличения минерализации грунтовых вод после промывки варьирует в пределах 1,62÷3,93 г/л.

Причем, в процессе выращивания риса опреснение грунтовых вод достигнуто только на отдельных участках, расположенных вблизи оросительной сети и скважин вертикального дренажа, где водообмен между зоной аэрации и грунтовой водой несколько завышен. Здесь изменение минерализации грунтовых вод колебалось от —3,85 до +3,43 г/л.

Солевой баланс на участках промывок через культуру риса складывался в соответствии с водным, по типу необратимого рассоления почвогрунтов зоны аэрации и всего покровного мелкозема:

Показатель	1 участок		2 участок
Приток солей с оросительной водой+вода, откачиваемая из скважин, т/га:			
по плотному остатку	30	64	63,9
по хлор-иону	6,1	16,7	10,8
по плотному остатку	105	—	—
по хлор-иону	21	—	—
Итого:			
по плотному остатку	135	64,0	63,9
по хлор-иону	27,1	16,7	10,8
Отвод солей за счет сброса, т/га:			
по плотному остатку	65,6	28	82,4
по хлор-иону	13,5	7,4	11,2
За счет подземного оттока, т/га			
по плотному остатку	88,6	58,6	82,4
по хлор-иону	19,2	17,9	7,6
Итого:			
по плотному остатку	147,2	86,6	174,8
по хлор-иону	30,7	25,2	18,8
Разность солей, т/га			
по плотному остатку	—12,6	—22,6	—100,9
по хлор-иону	—3,6	—8,6	—7,6
Изменение запасов солей в 3-м слое, т/га:			
исходные запасы	610,4	683,0	583,5
остаточные запасы	560,2	537,4	460,9
Изменение запасов солей, т/га:			
по плотному остатку	—50,4	—145,6	—122,6
по хлор-иону	—36,4	—70,5	—47,7
Затраты воды на вынос 1 т солей, м³:			
по плотному остатку	235	80	146,8
по хлор-иону	325	167	366,0

Вынос солей по первому участку составил от 12 до 22,6 т/га по плотному остатку и от 3,6 до 8,6 т/га по хлор-иону, а по второму участку соответственно — 100,9 и 7,6 т/га. Незначительный вынос солей на первом поле первого участка объясняется высокой минерализацией подаваемой из коллектора Шурузяк воды (4,0 г/л).

Обработка результатов промывок разными способами показала, что в условиях Шурузякского массива, где орошаемые земли представлены труднопроницаемыми почвогрунтами со слабой солеотдачей (α=2,7—3,5), усиленный вынос наиболее токсичного хлор-иона наблюдается при водоподаче нормой до 12—13 тыс. м³/га. При этих нормах вынос хлор-иона составлял 80—85% от исходной величины. Дальнейшее увеличение норм промывок не дает особого эффекта рассоления почв метрового слоя, хотя при этом отмечается усиление

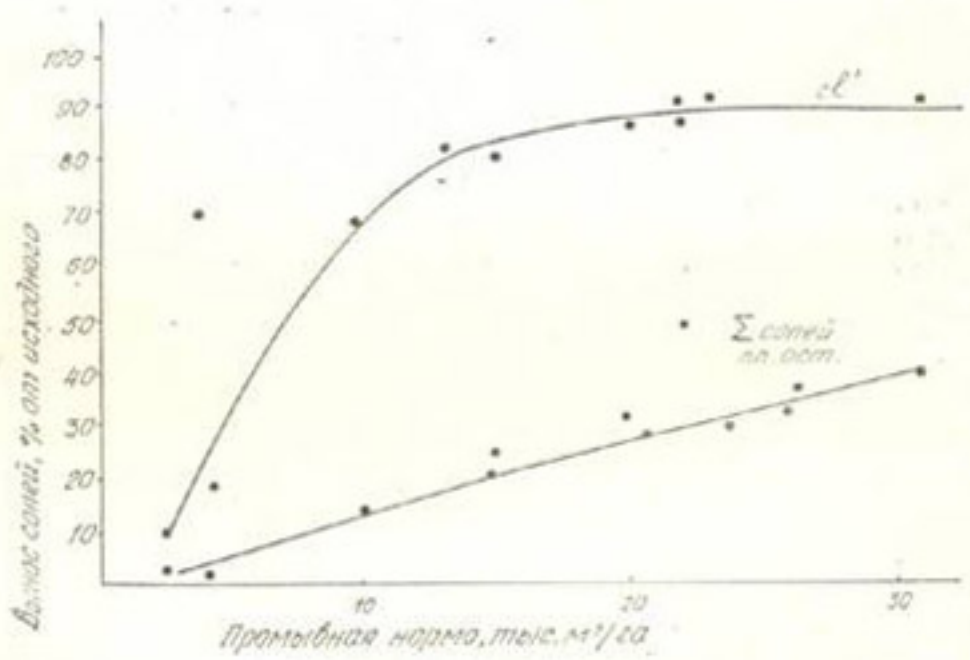

Рис. 10. Вынос водорастворимых солей в зависимости от нормы промывок.

выноса солей по плотному остатку за счет выщелачивания слаборастворимых ионов серной кислоты и других солей (рис. 10).

Теоретический расчет норм промывки, необходимых для выноса из метрового слоя количества иона хлора, наблюдавшегося на практике 66,7; 82,1 и 88% от исходного, показал, что они равны соответственно 10,3; 16,5 тыс. м³/га. Расчет проводился по зависимости Савельевой Р. (1971) на ЭВМ БЭМС 4-М с параметрами, установленными на основании натурных исследований: P_{e_0}=0,215; α=— 1,4; η=0,012 и μ=0.

Таким образом, из материалов натурных исследований и теоретических расчетов вытекает нецелесообразность подачи на промывку свыше 12—13 тыс. м³/га воды.

4. Рассоление почв через культуру риса на фоне горизонтального дренажа

Признание роли дренажа при мелиорации в корне изменило сущность технологии освоения засоленных или подверженных засолению земель вообще, и через посевы риса, в частности. Учитывая это, на территории совхоза № 6 им. Г. Титова (Ильичевский район, Сырдарьинская область) были проведены опытно-производственные исследования с целью установить эффективность промывок засоленных земель через культуру риса (Якубов Х., Рамазанов А. и др., 1971).

Почвогрунты опытных участков представлены светло-серыми суглинками с различным содержанием кристаллического гипса. Максимальное скопление гипса по почвенному профилю отмечено в слое 0,2—0,5 м в южной части территории совхоза и в слое 0,6—1,5 м в центральной части. На глубине 11—15 м и более вскрыты трудноводопроницаемые глинистые отложения с прослойками супесей и мелких песков. Коэффициент филь-

трации толщи почвогрунтов колебался в пределах 0,2—0,5 м/сут. Объемная масса при естественном сложении почвогрунтов составляла 1,34—1,49 г/см³, порозность равна 41—48% от веса почвы. Засоление почвы в вариантах опыта было различным и составляло 1,5—2,0% от веса почвы, увеличиваясь с глубиной. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Минерализация верхнего слоя грунтовых вод, залегавших к началу промывки на глубине 1,5—4,5 м, варьировала от 20 до 58 г/л.

Эффективность промывок через культуру риса изучалась при расстоянии между глубокими закрытыми дренами 180 (I вариант), 260 (II вариант) и 310 м (III вариант) и временными мелкими дренами глубиной 0,8—1,0 м —25, 30 и 35 м соответственно. Промывка осуществлялась постоянным затоплением с подачей воды из чека в чек, размеры которых в зависимости от спланированности участка не превышали 0,02—0,03 га.

За период вегетации риса подано 29,2 (I вариант), 38,5 (II вариант) и 36,7 тыс. м³/га (III вариант) промывной воды (брутто).

Наблюдения за режимом грунтовых и подземных вод наиболее детально проводились во II и III вариантах опыта. С подачей воды на междренья грунтовые воды постепенно поднимались, и в период полного затопления в центральной части междренья находились в контакте с инфильтрационными. В то же время под действием дренажа создавались кривые депрессии уровня грунтовых вод с резким выделением линии перелома в полосе вдоль грубоких закрытых дрен.

С увеличением глубины заложения дрены ширина полосы перелома кривой депрессии увеличивается: при глубине дрены 1,8—2,0 м (II вариант) она составляет 40—50 м от оси дрены в каждую сторону, а при глубине 2,8—3,2 м —70—80 м. Если учесть, что полоса перелома кривой депрессии является зоной наиболее интенсивной фильтрации промывной воды в сравнении с

центром междренья, то общая промывная норма, поданная в междренья, распределяется неравномерно. При одинаковых условиях затопления всей площади междренья объем воды, фильтруемой через почвенную толщу вблизи глубокой дрены (30 м до оси), в три раза больше объема воды, фильтруемой в центре междренья. Такое неравномерное распределение общей промывной нормы обусловливает неравномерное рассоление почвогрунтов по площади междренья.

Как известно, при промывке засоленных земель весьма важным условием сохранения достигнутого эффекта рассоления является скорость сработки уровня грунтовых вод после подачи воды. Чем выше скорость сработки, тем меньше опасность обратной миграции солей восходящими токами. В рассматриваемых опытах скорость понижения грунтовых вод относительно низкая, различна во времени и не превышает 3,1—3,2 см/сут.

С подачей воды на промывку дренажный сток резко увеличился, и дрены начали срабатывать инфильтрационные, грунтовые и подземные воды. В период полного затопления модуль дренажного стока характеризовался следующими величинами (в числителе — по глубоким закрытым, в знаменателе — по мелким временным дренам):

	Вариант		
	I	II	III
Средний за период промывки	0,49 / 0,56	0,24 / 0,68	0,51 / 0,43
Максимальный	1,20 / 1,24	0,28 / 0,71	0,76 / 0,64

Объем воды, отводимой глубокими дренами, колеблется в пределах 11,6—39,5%, а временными —24,8—82,8% от водоподачи. При этом с увеличением глубины залегания труднопроницаемых гипсированных прослоек

8. Удельная водоподача и дренажный сток

Межрренное расстояние, м глубокие / мелкие	Глубина дрен, м глубокие / мелкие	Продолжительность промывки, сут	Удельная водоподача, м³/га	Дренажный сток, м³/га			% от водоподачи		
				по временным дренам	по глубоким дренам	всего	по временным дренам	по глубоким дренам	всего
180 / 25	1,8—1,9 / 0,8—1,0	204	16080	13320	1860	15180	82,8	11,6	94,4
260 / 30	1,8—2,0 / 0,8—1,0	130	15400	6350	2900	9250	41,2	18,8	60,0
310 / 35	2,8—3,2 / 0,8—1,0	123	12760	3160	5010	8200	24,8	39,5	64,3

объем воды, отводимой временными дренами, уменьшается, а по глубоким дренам увеличивается. Наибольший объем отведенной по временным дренам воды отмечен в I варианте, а по глубоким — в III варианте опыта (табл. 8).

Минерализация дренажного стока, равная в начале промывки 20,9—47,3 г/л (глубокие дрены) и 9,4—56,7 г/л (мелкие дрены), к концу промывки значительно снизилась, но уменьшение концентрации солей до 4—6 г/л достигнуто только в I варианте опыта.

С промываемых участков дренажными водами вынесено 114,5—318,0 т/га водорастворимых солей. Однако количество их по вариантам опыта варьирует в довольно широких пределах. При расстоянии между глубокими дренами 180 м (I вариант) количество солей, вынесенных мелкими дренами, в 6 раз больше объема солей, вынесенных глубоким дренажем. В остальных вариантах вынос солей временным и глубоким дренажем практически одинаков. Это говорит о том, что на южной части территории, где гипсированная прослойка находится ближе к дневной поверхности, чем на остальной площади совхоза, наиболее эффективен временный мелкий дренаж с некоторым его загущением (междренное расстояние в I варианте опыта — 25 м против 30—35 в остальных вариантах).

Водный баланс, составленный для каждого варианта, в мелиоративном отношении складывался благоприятно. Неувязка между суммой приходных и расходных статей колеблется в пределах 4—10%. В составе расходных статей баланса объем поверхностного сброса варьировал в пределах 14,5—28,6% от водоподачи.

В исходном состоянии содержание солей по вариантам опыта было различным и по сумме токсичных солей варьировало в пределах 0,64—1,54%. Различия в исходном засолении почвогрунтов в определенной сте-

9. Изменение засоления почвогрунтов при промывке через культуру риса на фоне горизонтального дренажа

Расстояние между дренами, м	Слой, см											
	0—40		40—100			100—200			200—300			
	хлор-ион, %	сумма токсичных солей, %	хлор-ион, %	сумма токсичных солей, %		хлор-ион, %	сумма токсичных солей, %		хлор-ион, %	сумма токсичных солей, %	
180	0,070 / 0,012	0,640 / 0,270	0,111 / 0,011	0,761 / 0,317		0,199 / 0,018	не определено		0,246 / 0,023	не определено	
260	0,044 / 0,030	0,365 / 0,298	0,048 / 0,020	0,484 / 0,346		0,040 / 0,023	0,572 / 0,409		0,060 / 0,024	0,623 / 0,428	
310	0,523 / 0,044	1,541 / 0,236	0,400 / 0,040	1,443 / 0,335		0,432 / 0,070	1,243 / 0,539		0,346 / 0,172	1,242 / 0,993	

Примечание: числитель — до промывки, знаменатель — после промывки.

пени повлияли на степень их рассоления (табл. 9). В первых двух вариантах опыта исследуемая толща практически полностью рассолилась. Содержание хлор-иона после промывки в среднем по междренью не превышает 0,01—0,03%, а суммы вредных солей —0,3—0,4% от веса почвы. В III варианте, хотя и не произошло требуемого рассоления, засоление почвы сильно уменьшилось. Исходное содержание хлор-иона 0,52% и суммы вредных солей 1,54% в толще 0—40 см снизилось в результате промывки через культуру риса до 0,04 и 0,23% соответственно.

Различия в распределении промывной нормы по площади междренья обусловили неравномерность опреснения почвенной толщи, что особенно наглядно проявилось на II варианте опыта. Наиболее интенсивно процесс рассоления, охватывающий толщу 0—3 м, протекал в полосе вдоль дрены на расстоянии 30 м от ее оси. Активное рассоление почвенной толщи происходило также в полосе шириной 70—80 м от оси дрены, что совпадает с зоной перелома кривой депрессии грунтовых вод. Из 3-метровой толщи этой полосы за период промывки вымыто 91—93% хлор-иона от исходного содержания. В центре междренья интенсивный вымыв хлор-иона (68—88% от исходного содержания) происходит лишь на глубину до 1 м от поверхности земли. Вынос вредных солей из толщи 0—3 м в зоне перелома кривой депрессии в 4—5 раз больше, чем в центральной части междренного пространства.

В низовьях Амударьи рисовые инженерные системы преимущественно размещаются на засоленных и целинных землях. Количество солей в почвогрунтах этой зоны резко различается как по профилю, так и в пространстве. Возделывание риса на этих землях обусловливает существенные изменения в солевом режиме почвогрунтов и верхнего слоя грунтовых вод. Показательны в этом отношении данные наблюдений за изменением

солевого режима почв, проведенных на территории ряда рисовых систем, расположенных в северной зоне Каракалпакской АССР (табл. 10). Как видно из приведенных данных, уже за первый период орошения происходит значительное снижение запасов солей в почвогрунтах зоны аэрации. Процесс рассоления почв при возделывании культуры риса сопровождается заметными изменениями состава почвенных солей.

Рассмотрим происходящие изменения на примере разреза, расположенного на территории системы Г—1—23 в совхозе «Октябрь». До начала освоения (1972 г.) почвы были представлены пухлыми солончаками с максимумом количества солей в верхнем 20-сантиметровом слое (3,88%) и минимумом — в нижнем (слой 250—300 см, плотный остаток 0,91%). В исходном состоянии соли были представлены: хлористым натрием —0,51—2,07%; сернокислым кальцием —0,13—0,58%; сернокислым магнием —0,15—0,29%, хлористым магнием (обнаружен только в горизонтах 0—40 см)—0,03—0,71%; биокарбонатом кальция —0,028—0,060% и сернокислым натрием (отсутствует в слое 0—100 см) —0,019—0,040%.

За период вегетации и орошения наблюдался в первую очередь вымыв хлоридов натрия и магния. Хлористый магний был полностью удален из слоя 0—80 см, а содержание хлористого натрия при исходном 2,07—0,83% уменьшилось до 0,02—0,04%. Интенсивность вымыва сернокислых кальция и магния примерно одинакова по всему профилю почвы. Количество бикарбоната кальция практически не меняется. Таким образом, в условиях рисосеяния имеет место рассолительный тип солевого режима, который, как и при любых других промывках, сопровождается существенными изменениями в химизме засоления почвогрунтов.

Процесс рассоления почвогрунтовой толщи сопровождается опреснением верхнего слоя грунтовых вод

10. Изменение засоления почвогрунтов при орошении риса

Совхоз	Система	Слой, см									
		0—40		40—100		100—200		200—300			
		хлор-ион, %	плотный остаток, %	хлор-ион, %	плотный остаток, %	хлор-ион, %	плотный остаток, %	хлор-ион, %	плотный остаток, %
«Октябрь»	Г—II—17	0,202 / 0,021	0,834 / 0,173	0,101 / 0,023	0,515 / 0,096	0,133 / 0,021	0,289 / 0,090	0,064 / 0,014	0,320 / 0,100
	Г—1—23	0,993 / 0,330	2,665 / 0,692	0,395 / —	1,428 / 0,538	0,217 / 0,109	0,835 / 0,507	0,192 / 0,100	0,652 / 0,375
«Май-Ю»	Г—II—24	0,039 / 0,020	0,699 / 0,276	0,068 / 0,018	0,384 / 0,337	0,164 / 0,059	0,747 / 0,420	0,089 / 0,032	0,391 / 0,186
им. 50-летия ВЛКСМ	Г—II—16	0,280 / 0,090	1,057 / 0,204	0,243 / 0,083	0,811 / 0,212	0,240 / 0,096	0,968 / 0,321	0,200 / 0,120	0,763 / 0,965

Примечание: числитель — до сева риса; знаменатель — после уборки риса.

(табл. 11). Если в первые два года минерализация верхнего слоя грунтовых вод существенно не изменяется, то в последующие годы высокоминерализованные грунтовые воды замещаются инфильтрационными со сравнительно невысоким содержанием солей.

11. Изменение минерализации и химизма грунтовых вод на рисовом поле

Скважина	Год определения	Соли, г/л							
		плотный остаток	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$MgSO_4$	Na_2SO_4	$MgCl_2$	NaCl
11	1972	62,52	0,18	8,48	—	9,33	—	9,52	34,97
	1975	23,11	0,49	3,40	1,10	—	—	5,94	11,83
	1981	3,74	0,22	0,35	—	0,65	1,70	—	0,70
15	1972	27,9	1,12	0,76	—	6,53	5,68	—	13,52
	1975	7,86	1,15	0,53	—	0,77	4,36	—	1,15
	1981	2,86	0,21	0,17	—	0,89	0,05	—	1,25

Таким образом, в северной зоне Каракалпакской АССР при орошении риса независимо от исходной степени засоления происходит интенсивное рассоление почвогрунтов и грунтовых вод, которое сопровождается существенным изменением их качественной характеристики по всему профилю.

Аналогичные результаты были получены в Хорезмской области, где внутри орошаемых массивов имеются значительные площади вторично засоленных земель (перелоги, дно бывших озер и др.). В большинстве случаев эти земли представлены пухлыми солончаками, содержащими в верхней 5-сантиметровой корке до 10—30% и более солей. Опытами, проведенными на территории опытно-производственного хозяйства САНИИРИ (Ханкинский район, 1976), установлена целесообразность освоения этих земель через культуру риса. В течение двух лет возделывания риса количество солей

уменьшилось до допустимого уровня, что позволило уже на третий год посеять на этих землях хлопчатник (табл. 12).

12. Рассоление почв и грунтовых вод опытного участка в Хорезмском ОПХ САНИИРИ при орошении риса

Горизонт, см	1 год освоения		2 год освоения
	до сева	в конце вегетации	в конце вегетации
0—40	0,84 / 3,27	0,04 / 1,41	0,02 / 0,78
40—100	0,19 / 0,93	0,05 / 1,12	0,02 / 0,02
0—100	0,41 / 1,71	0,04 / 1,28	0,02 / 0,49
Грунтовые воды, г/л	7,95 / 21,32	1,24 / 7,59	0,43 / 3,72

Примечание: числитель — хлор-ион, %; знаменатель — плотный остаток, %.

За период вегетации на опытный участок было подано 56—63 тыс. м³/га. Подача такого большого количества воды связана с высоким засолением верхнего слоя почвы и периодическими сбросами ее с рисовых чеков в течение вегетации. В этих условиях урожайность риса в первый год освоения составила 22,7—26,3 ц/га, а во второй увеличилась более чем в два раза и достигла 56,2 ц/га. Рассолительные мероприятия, проведенные в первые два года освоения, обеспечили рост и развитие хлопчатника, урожайность которого составила 42,9 ц/га, что является довольно высоким показателем для вновь осваиваемых земель.

5. Рассоление сильнозасоленных слоистых почв низовий Амударьи

Промывка и сельскохозяйственное освоение орошаемых и вновь освоенных земель и солончаков в низовьях Амударьи усугубляется тем, что несмотря на достаточно высокий эффект от промывки, в силу климатических особенностей (сильные ветры, незначительное количество атмосферных осадков и высокая испаряемость) в последующем происходит реставрация засоления. Несмотря на накопленный практический опыт и наличие ряда рекомендаций по нормам и срокам проведения профилактических (эксплуатационных) промывок (Легостаев В., 1959; Нерозин А., 1974; Беспалов Ф., 1982; Рамазанов А., Якубов Х., 1984 и др.), вопросы, касающиеся сроков и норм промывки сильнозасоленных земель и солончаков, выбора наиболее перспективных в агромелиоративном отношении культур-освоителей, способствующих сохранению достигнутого после промывки эффекта рассоления, для данных почвенно-климатических условий разработаны недостаточно. Для решения этих вопросов на территории экспериментальной базы Каракалпакского НИИ земледелия были проведены полевые опыты по промывке сильнозасоленных почв (Рамазанов А., Калимбетов К., 1975, 1978, 1980). Опытные участки располагались в контуре распространения луговых почв, получивших широкое распространение в северной зоне ККАССР.

По механическому составу почвы опытных участков преимущественно суглинистые. Верхний, 30 см слой почв представлен средними суглинками (содержание физической глины варьирует в пределах 30,5—34,0%). В слое 30—60 см распространены легкие суглинки (23,6—24,4% глины). Далее вниз по профилю происходит постепенное утяжеление механического состава, и с глубины 80 см почвогрунты зоны аэрации представлены в основном тяжелосуглинистыми разностями (содержание физической глины варьирует в пределах 53,3—58,3%).

В исходном состоянии объемная масса почвы составляла: в слое 0—40 см —1,39—1,40 г/см³, а в слое 40—100 см —1,42—1,43 г/см³. Скважность почвы изменялась также незначительно: 46,6 и 45,9% соответственно.

Почвы опытных участков представлены пухлыми солончаками с максимумом накопления солей в верхних горизонтах: в слоях 0—20 и 20—30 см количество водорастворимых солей составляло 3,44 и 5,34% соответственно, в том числе хлор-иона —1,20 и 1,86%. С глубиной содержание солей в почве постепенно уменьшается, что довольно характерно для северной зоны ККАССР.

Грунтовые воды, залегавшие до промывки на глубине 205—225 см, сильноминерализованы (31,4—58,0 г/л).

Опытные участки расположены в зоне действия коллектора глубиной 2,6—2,8 м, обслуживающего территорию экспериментальной базы ККНИИ земледелия. Перед промывкой проведены капитальная планировка с достижением равномерности поверхности поля ±5 см и вспашка на глубину 27—30 см.

На первом участке промывные поливы проводились весной (апрель-май) с подачей общей промывной нормы в два приема, а на втором и третьем участках — в два этапа: осенью (август — декабрь) и весной (апрель) с подачей общей промывной нормы соответственно в 5—7 приемов в первый год освоения, в 4—5— во второй год и в два приема — в третий год освоения (табл. 13). После промывки в качестве культур-освоителей высевали: хлопчатник (сорт 4727), кукурузу (Имеретинский гибрид), джугару (сорт Чимбай 13 карликовый) и суданскую траву по схеме:

	1 год освоения	2 год освоения	3 год освоения
I участок	хлопчатник	хлопчатник	хлопчатник
	кукуруза	то же	то же
	джугара	"	"
	кукуруза	кукуруза	"
	джугара	джугара	"
	кукуруза	суданская трава	"
II и III участки	хлопчатник	хлопчатник	хлопчатник
	кукуруза	то же	то же
	джугара	"	"
	(полив по бороздам) джугара	"	"
	(полив затоплением) суданская трава	"	"

13. Сроки и нормы капитальных промывок сильнозасоленных слоистых почв низовий Амударьи

Участок	1 год освоения		2 год освоения		3 год освоения	
	сроки промывки	промывная норма, тыс. м³/га	сроки промывки	промывная норма, тыс. м³/га	сроки промывки	промывная норма, тыс. м³/га
I	13.04—8.05	10,0/2	20.04—3.05	10,0/2	9.04—23.04	5,0/2
II	18.08—7.12	15,0/6	19.09—21.12	10,0/4	23.11—29.12	5,0/2
	5.04—14.04		17.04—24.04			
III	18.08—7.12	20,0/7	19.11—21.12	15,0/5	23.11—29.12	5,0/2
	5.04—14.04		17.04—24.04			

Примечание: числитель — величина промывной нормы; знаменатель — количество тактов промывки.

С целью дифференциации промывных норм, определения их оптимальных величин и сокращения сроков ввода мелиорируемых земель в сельскохозяйственный оборот на II и III опытных участках были испытаны более высокие нормы промывки, чем на 1. Кроме того, промывные поливы в первый и второй годы освоения по опытным участкам проводились в разное время межвегетационного периода. Поэтому целесообразно оценить динамику рассоления почвогрунтов отдельно по каждому участку.

1 участок. До промывки средневзвешенное содержание солей в 2-метровом слое почвы составляло 0,85% по хлор-иону и 2,47% по плотному остатку. Промывные поливы, проведенные весной (апрель-май) общей нормой 10,0 тыс. м³/га, поданной за два такта, способствовали интенсивному рассолению почвенной толщи. Запасы водорастворимых солей в метровом слое уменьшились на 326,6 т/га, в том числе на 143,1 т/га хлор-иона. Из 2-метрового слоя удалено соответственно 344,6 и 117,2 т/га. Таким образом, в первый год освоения при промывке происходил вынос солей преимущественно из верхней метровой толщи почвогрунтов (рис. 11).

Затраты воды на вынос одной тонны хлор-иона из толщи 0—100 см в первый год освоения составили 69,8 м³, а по плотному остатку 30,6 м³ (табл. 14).

После промывки по схеме опыта были посеяны культуры-освоители. Содержание солей по всем вариантам как в период появления всходов, так и перед первым вегетационным поливом было почти одинаковым. В конце вегетационного периода содержание солей резко снизилось там, где после промывки посеяли джугару.

Так, если при посеве хлопчатника содержание хлор-иона в почве практически не изменилось (0,093%), то при посеве джугары произошло дальнейшее рассоление почвы и содержание хлор-иона в метровом слое

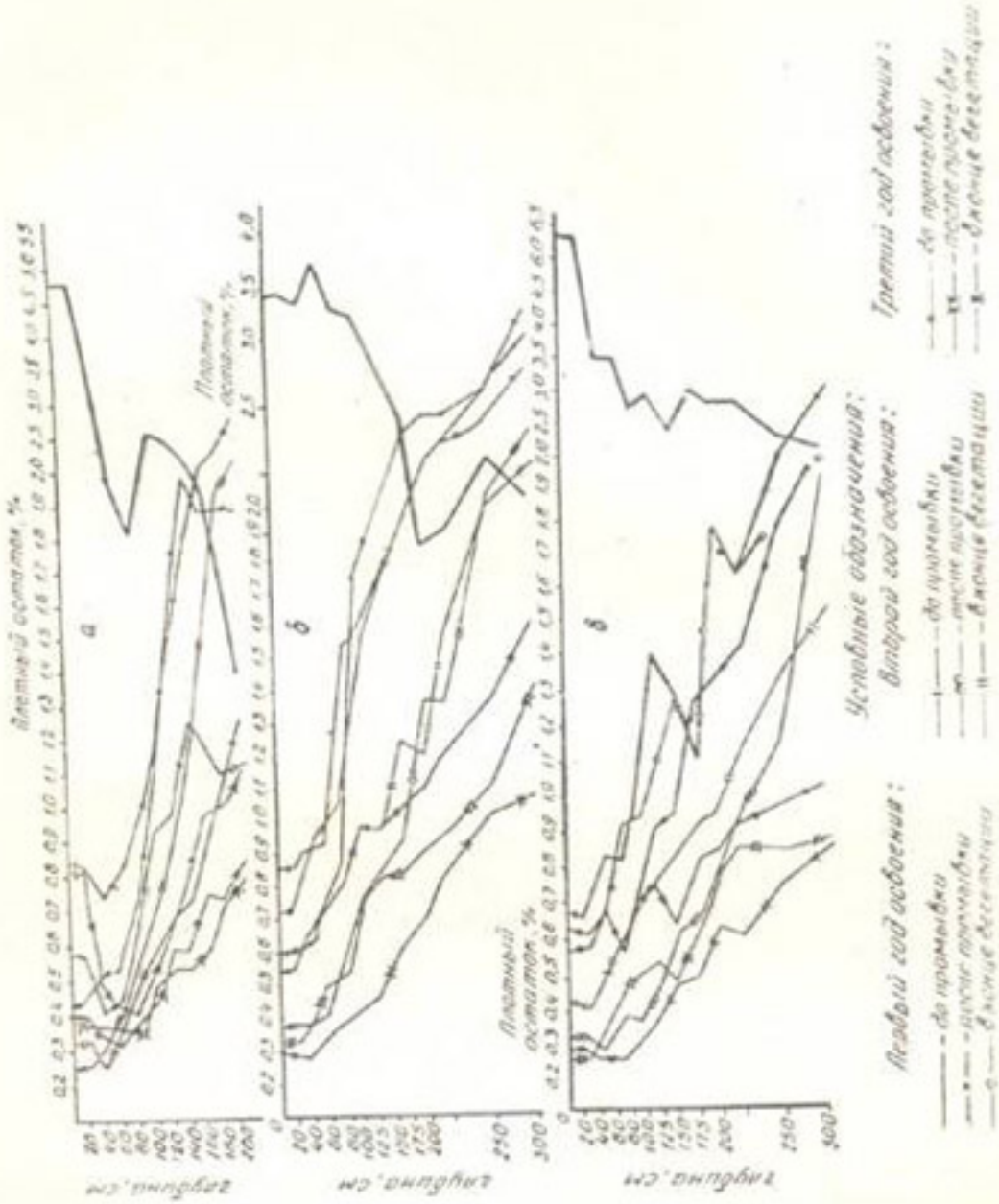

Рис. 11. Динамика рассоления пухлого солончака при промывке и освоении: а — I участок; б — II участок; в — III участок

14. Затраты воды на вынос солей из почвы и коэффициент солеотдачи

Год освоения	Затраты воды на вынос солей, м³/т		Коэффициент солеотдачи, а	
	плотный остаток	хлор-иона	по плотному остатку	по хлор-иону
		I участок		
1	30,6	69,8	0,97	1,54
2	157,5	304,0	1,25	3,39
3	237,8	744,0	1,37	3,68
		II участок		
1	41,2	108,8	1,44	2,39
2	100,8	891,2	1,70	2,56
3	136,5	902,5	1,75	2,70
		III участок		
1	47,1	120,7	1,72	2,77
2	174,5	1614,6	1,81	3,08
3	191,3	1091,7	1,93	3,18

почвогрунтов снизилось до 0,053%, то есть почти в 2 раза.

Результаты повторной солевой съемки, проведенной в начале второго года освоения, показали, что за осенне-зимний период при относительно сухой зиме с незначительным количеством атмосферных осадков наблюдалась значительная реставрация солей, содержание которых в толще 0—100 см увеличилось до 0,901%, в том числе хлор-иона до 0,273%. Во второй год освоения промывные поливы нормой 10 тыс. м³/га снизили запасы солей в слое 0—100 см до 0,043% по хлор-иону и до 0,45% по плотному остатку. За период промывки из слоя 0—200 см вынесено 51,5 т/га хлор-иона и 150,7 т/га водорастворимых солей. По сравнению с первым годом освоения вынос солей из толщи почвогрунтов уменьшился почти вдвое, а затраты воды на вынос одной тонны солей резко увеличились и составили 304 м³ по хлор-иону и 157,5 м³ по плотному остатку.

Увеличился также коэффициент солеотдачи α. Эти тенденции отражают общие закономерности выщелачивания солей. В процессе промывки из почвы в первую очередь вымываются легкорастворимые хлориды. При этом происходит постепенный сдвиг солевого состава почвогрунтов в сторону все большей сульфатности. Вымыв сульфатов в сравнении с хлоридами протекает значительно труднее. Именно этим объясняется увеличение удельных затрат воды на вынос солей и рост коэффициента солеотдачи.

Вегетационные поливы на всех вариантах опыта проводили одинаковой нормой. Оросительная норма при двух поливах составила 2130 м³/га. Осуществление комплекса агротехнических мероприятий на фоне вегетационных и промывных поливов способствовало сохранению стабильного солевого режима в корнеобитаемой толще. Так, если содержание хлора в период появления всходов составило 0,04—0,05%, то к концу вегетационного периода —0,038—0,069% от массы почвы. Во второй год освоения наиболее устойчивый солевой режим в течение вегетационного периода наблюдается при посевах джугары и хлопчатника, у которого предшественницей являлась джугара. Интенсивность миграции солей в верхние слои почвы за осенне-зимний период значительно ниже, чем в первый год освоения. Перед промывкой метровый слой почвы содержал 0,083% хлор-иона и 0,547% плотного остатка. В третий год освоения промывка проведена в апреле нормой 5 тыс. м³/га в два такта. После промывки плотный остаток в слое 0—100 см составил 0,4%, а содержание хлор-иона — 0,036% от массы почвы. В слое 0—200 см эти показатели соответственно равны 0,523 и 0,120%. Промывкой из толщи 0—100 см удалено 21 т/га солей и 6,72 т/га хлор-иона, а из толщи 0—200 см — соответственно 32,9 и 30,6.

15. Динамика засоления метровой толщи почвогрунтов при возделывании сельхозкультур, % (слой 0—100 см, участок I)

Вариант	1 год освоения						2 год освоения						3 год освоения	
	при появлении всходов		перед 1 вегетационным поливом		в конце вегетации		при появлении всходов		перед 1 вегетационным поливом		в конце вегетации		в конце вегетации	
	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост
Хлопчатник + хлопчатник + хлопчатник	0,102	0,810	0,138	0,969	0,093	0,787	0,053	0,561	0,079	0,579	0,069	0,563	0,049	0,445
Кукуруза + хлопчатник + хлопчатник	0,107	0,824	0,122	0,909	0,070	0,636	0,047	0,505	0,067	0,527	0,057	0,481	0,043	0,426
Джугара + хлопчатник + хлопчатник	0,115	0,841	0,121	0,900	0,053	0,495	0,042	0,485	0,056	0,470	0,044	0,405	0,037	0,403

На третий год освоения после промывки во всех вариантах посеян хлопчатник. За вегетацию проведено три полива общей оросительной нормой 2560 м³/га. Наблюдения за солевым режимом почвы показали, что на фоне принятого режима орошения сохраняется достигнутое промывкой опреснение активной толщи. Запасы солей в исследуемом слое практически не изменились (табл. 15). При севе хлопчатника на фоне двухлетнего возделывания джугары или суданской травы произошло дальнейшее рассоление почвенной толщи.

II участок. Здесь промывные поливы проведены в два этапа: осенью и весной. В первый год освоения за осенне-весенний период подано 15 тыс. м³/га воды. Результаты наблюдений показали, что после промывки содержание солей в толще 0—100 см уменьшилось на 137,8 т/га по хлор-иону и 363,9 т/га по плотному остатку. Содержание солей в этой толще после промывки по хлор-иону составило 0,097%, а по плотному остатку — 0,89%. Из 3-метровой толщи промывкой вынесено 197,6 т/га хлор-иона и 247,9 т/га водорастворимых солей.

Затраты воды на вынос одной тонны солей из слоя 0—100 см составили 108,8 м³ по хлор-иону и 41,2 м³ по плотному остатку. В первый год освоения промывные поливы способствовали выносу солей преимущественно из слоя 0—150 см. Ниже этого слоя произошло некоторое увеличение запасов солей относительно исходного содержания за счет привноса их из верхних слоев.

После промывки согласно схеме опыта были посеяны хлопчатник, кукуруза, джугара и суданская трава. На всех культурах-освоителях провели три полива общей оросительной нормой 2700 м³/га. Такая норма на фоне принятой системы агротехники вызвала реставрацию засоления только там, где после промывки возделывали хлопчатник и кукурузу. Содержание хлор-иона

в слое 0—100 см с 0,08% к концу вегетационного периода увеличилось до 0,109—0,124%. В вариантах с посевом джугары и суданской травы запасы солей в активной толще практически не изменились (табл. 16).

Во второй год освоения в ноябре-декабре и ранней весной была проведена промывка нормой 10 тыс. м³/га. После промывных поливов степень и глубина рассоления почвогрунтов увеличились. Содержание хлор-иона в толще 0—100 см уменьшилось до 0,048%, а в толще 0—300 см до 0,239%, плотного остатка — соответственно до 0,431% и 1,219% от массы почвы. За период промывки из толщи 0—300 см вынесено 17,5 т/га хлор-иона и 336,5 т/га водорастворимых солей. Затраты воды на вынос одной тонны солей по сравнению с первым годом освоения резко увеличились и составили 891,2 м³ по хлор-иону, 100,8 м³ по плотному остатку.

После промывки на всех вариантах посеяли хлопчатник. За период вегетации провели три полива общей оросительной нормой 2780 м³/га, при этом произошла незначительная реставрация засоления. В количественном отношении накопление солей за вегетацию меньше там, где предшественниками хлопчатника были джугара и суданская трава. Для ликвидации сезонного соленакопления в ноябре провели промывку нормой 5 тыс. м³/га. При этом удалось снизить содержание солей в слое 0—100 см до 0,042% по хлор-иону и 0,486% по плотному остатку. Из этого слоя удалено 36,6 т/га, а из 3-метровой толщи —95,8 т/га солей. Удельные затраты воды на вынос солей сильно увеличились и для верхней метровой толщи составили 902,5 м³ по хлор-иону и 136,5 м³ по плотному остатку.

Весной следующего года во всех вариантах опять посеяли хлопчатник. За период вегетации провели три полива общей оросительной нормой 2960 м³/га. К концу вегетации в толще 0—100 см содержание солей снизилось до уровня, допустимого для северной зоны

16. Динамика засоления почвогрунтов при возделывании сельхозкультур, %
(слой 0—100 см, II участок)

Вариант	1 год освоения								2 год освоения								3 год освоения	
	при появлении всходов		перед 1 вегетационным поливом		в конце вегетации		при появлении всходов		перед 1 вегетационным поливом		в конце вегетации		в конце вегетации	
	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост
Хлопчатник + хлопчатник + хлопчатник	0,078	0,820	0,104	1,426	0,124	1,234	0,060	0,776	0,071	0,880	0,070	0,842	0,065	0,353
Кукуруза + хлопчатник + хлопчатник	0,082	0,847	0,102	1,440	0,109	1,306	0,058	0,793	0,063	0,883	0,064	0,875	0,062	0,355
Джугара + хлопчатник + хлопчатник (поля бороздковый)	0,086	0,776	0,098	0,944	0,089	0,904	0,051	0,604	0,062	0,742	0,058	0,728	0,056	0,347
Джугара + хлопчатник + хлопчатник (поля затопления)	0,084	0,863	0,095	0,925	0,080	0,856	0,046	0,478	0,057	0,720	0,052	0,704	0,052	0,307
Суданская трава + хлопчатник + хлопчатник	0,088	0,915	0,090	0,912	0,078	0,820	0,042	0,427	0,054	0,686	0,048	0,572	0,047	0,322

ККАССР, и составило 0,04—0,06% по хлор-иону и 0,32—0,36% от массы почвы по плотному остатку.

III участок. В связи с высокой степенью засоления почвогрунтов участка (1,24% по хлор-иону и 3,65% по плотному остатку в слое 0—100 см) в первые два года освоения были испытаны грузные промывные нормы: 20 тыс. м³/га — в первый год и 15 тыс. м³/га — во второй. В третьем году освоения на промывку подали 5 тыс. м³/га.

Полевыми наблюдениями установлено, что в интенсивности рассоления толщи почвогрунтов и динамике засоления в процессе освоения промытых земель под культурами-освоителями соблюдаются закономерности, аналогичные описанным для первого и второго участков. Разница заключается лишь в том, что с увеличением норм промывки количество солей, выносимых в начальный период освоения, увеличивается. С увеличением нормы подачи воды на единицу площади удельные затраты ее на вынос одной тонны солей возрастают (табл. 17).

Промывные поливы оказали определенное влияние на глубину залегания и минерализацию грунтовых вод. До начала освоения грунтовые воды залегали на глубине 205—219 см. Минерализация их варьировала в пределах 58 г/л (I участок)—39,7 г/л (III участок). В составе солей хлориды превалировали над остальными.

Наблюдениями установлено повышение уровня грунтовых вод при промывках до 136—218 см от дневной поверхности. Однако к концу вегетационного периода уровень грунтовых вод снизился до 232—300 см. Достаточно глубокое залегание уровня грунтовых вод при промывке и в вегетационный период обусловлено нормальной работой коллектора, прилегающего к территории опытных участков.

17. Динамика засоления почвогрунтов при возделывании сельхозкультур, %
(слой 0—100 см, III участок)

Вариант	1 год освоения						2 год освоения						3 год освоения	
	при появлении всходов		перед 1 вегетационным поливом		в конце вегетации		при появлении всходов		перед 1 вегетационным поливом		в конце вегетации		в конце вегетации	
	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост	хлор	пл. ост
Хлопчатник + хлопчатник + хлопчатник	0,070	0,678	0,096	0,986	0,108	1,016	0,047	0,545	0,056	0,782	0,054	0,716	0,057	0,308
Кукуруза + хлопчатник + хлопчатник	0,072	0,590	0,098	0,957	0,096	1,023	0,046	0,563	0,052	0,816	0,050	0,780	0,054	0,311
Джугара (позив по бороздам) + хлопчатник + хлопчатник	0,074	0,715	0,087	0,880	0,080	0,825	0,040	0,437	0,048	0,698	0,044	0,631	0,051	0,293
Джугара (позив затоплением) + хлопчатник + хлопчатник	0,072	0,638	0,084	0,875	0,073	0,743	0,034	0,412	0,048	0,526	0,044	0,510	0,047	0,257
Суданская трава + хлопчатник + хлопчатник	0,076	0,745	0,086	0,811	0,068	0,716	0,030	0,388	0,042	0,428	0,040	0,376	0,040	0,276

В первый год освоения минерализация грунтовых вод после промывки увеличилась только на первом участке (с 58,05 до 71,33 г/л). На втором и третьем участках, где применялись более грузные промывные нормы: 15 и 20 тыс. м³/га, минерализация грунтовых вод снизилась с 39,74 до 19,89 г/л и с 38,71 до 14,22 г/л соответственно.

В дальнейшем происходит пилообразный процесс, при котором увеличение минерализации грунтовых вод к концу вегетации сменяется резким ее снижением в результате промывок. В целом происходит процесс опреснения высокоминерализованных грунтовых вод. По окончании вегетационного периода третьего года освоения минерализация грунтовых вод по опытным участкам снизилась до 23,2; 8,1 и 6,6 г/л соответственно. Этот процесс опреснения грунтовых вод в контуре распространения пухлых солончаков необратим во времени при осуществлении рационального промывного режима орошения на фоне дренажа. Однако он может продолжаться несколько лет и тесно связан с режимом и нормой подачи воды на единицу площади, а также со степенью дренированности территории.

Анализ результатов фенологических наблюдений и урожайных данных показывает, что при освоении пухлых солончаков земли, вышедшие из-под капитальной промывки, отводить под основную культуру — хлопчатник — нецелесообразно, так как его урожайность составляет всего 1,7—7,8 ц/га. Лучшие условия для роста и развития хлопчатника обеспечиваются при условии выращивания в течение одного года после промывки культур-освоителей (джугара, суданская трава). В этих условиях урожайность хлопчатника составляет 34,0—38,0 ц/га.

На наших опытных участках урожайность культур-освоителей и хлопчатника по вариантам опыта и годам освоения была следующей, ц/га:

I участок	1 год	2 год	3 год
Хлопчатник + хлопчатник + хлопчатник	1,7	17,5	26,3
Кукуруза + хлопчатник + хлопчатник	104,4	20,7	27,5
Джугара + хлопчатник + хлопчатник	100,3	22,1	29,1
Кукуруза + кукуруза + хлопчатник	100,8	272,8 / 36,7	30,1
Джугара + джугара + хлопчатник	96,7	178,5 / 35,2	33,2
Кукуруза + суданская трава + хлопчатник	101,6	542,8	34,1
Показатель точности опыта (Р)	2,71	1,55	0,92
II участок			
Хлопчатник + хлопчатник + хлопчатник	5,4	19,4	28,9
Кукуруза + хлопчатник + хлопчатник	140,8	21,4	30,2
Джугара (полив борозд) + хлопчатник + хлопчатник	229,2 / 30,0	23,7	32,6
Джугара (полив затоплением) + хлопчатник + хлопчатник	253,1 / 35,4	25,5	34,5
Суданская трава + хлопчатник + хлопчатник	445,2	26,6	36,0
Показатель точности опыта (Р)	2,86	0,40	0,21
III участок			
Хлопчатник + хлопчатник + хлопчатник	7,8	23,8	31,6
Кукуруза + хлопчатник + хлопчатник	183,6	25,2	32,3
Джугара (полив борозд) + хлопчатник + хлопчатник	265,3 / 35,7	27,5	35,5
Джугара (полив затоплением) + хлопчатник + хлопчатник	295,8 / 41,3	29,1	37,1
Суданская трава + хлопчатник + хлопчатник	529,2	31,0	38,0
Показатель точности опыта (Р)	2,27	0,30	0,20

(Примечание: числитель—зеленая масса; знаменатель—зерно.)

Наиболее целесообразны с точки зрения получения максимального мелиоративного эффекта следующие схемы размещения культур-освоителей: первые два года джугара или суданская трава, а хлопчатник при промывной норме соответственно по годам 10, 10, 5 тыс. м³/га, с повышением промывной нормы по годам освоения до 15, 10, 5 или 20, 15, 5 тыс. м³/га достаточно высевать джугару или суданскую траву только в первый год.

6. Эффективность промывок засоленных почв на фоне временного мелкого дренажа

Ускорение процесса опреснения сильнозасоленных трудномелиорируемых земель и снижение затрат оросительной воды невозможны без специальных мероприятий, способствующих увеличению фильтрации воды и усилению отвода соленых дренажных вод с промываемой площади. Как показали исследования, проведенные САНИИРИ, СоюзНИХИ и Средазгипроводхлопок, наилучшие условия для промывки гипсоносных трудномелиорируемых почв юго-восточной части Голодной степи достигаются при промывках там, где совместно применяются глубокое рыхление, устройство временного дренажа дополнительно к закрытому горизонтальному дренажу и внесение под промывку навоза или лигнина.

Эффективность указанных приемов изучалась на сильнозасоленных гипсированных сероземно-луговых почвах опытного участка в совхозе им. Ю. Гагарина Ильичевского района Сырдарьинской области по трем вариантам промывки (Беспалов Ф., 1983). Это промывка по фону обычной вспашки на глубину 28—30 см с устройством временных дрен через 20 м (контроль). Промывка по фону глубокого рыхления на глубину 80 см и временный дренаж через 20 м. Третий вариант — промывка по фону глубокого рыхления с внесением 30 т/га навоза и временный дренаж через 20 м.

В исходном состоянии почвогрунты опытного участка характеризовались крайне неблагоприятными водно-физическими свойствами и низким естественным плодородием. Объемная масса в верхнем метровом слое варьировала в пределах 1,21—1,68 г/см³ (среднее —

1,45 г/см³), а удельная масса —2,65—2,73 г/см³ (средне—2,69 г/см³). Скважность изменялась от 47,5 до 54,3%. Наибольшее уплотнение отмечено в слое 40—80 см, где величина объемной массы достигала 1,56—1,68 г/см³, а скважность снижалась до 42,9—37,5%, что обусловлено высоким содержанием в этом слое кристаллического гипса (16,8—25,1% массы почвы). Коэффициент фильтрации не превышал 0,01 м/сут.

После глубокого рыхления водно-физические свойства почвы существенно изменились в лучшую сторону. Объемная масса в слое 40—80 см снизилась до 1,30—1,35 г/см³, а порозность увеличилась до 48,7—54,9%. Коэффициент фильтрации увеличился в 2,5 раза. Все это обеспечило увеличение вымывания солей при промывке: вынос солей из верхнего метрового слоя по плотному остатку возрос на 25%, а по хлор-иону — 2,2 раза. Промывное действие воды еще более увеличилось при совместном применении глубокого рыхления и внесения 30 т/га навоза. В этом случае вымывание хлора-иона в 2,8 раза увеличилось по сравнению с контролем (табл. 18).

На промывку по вариантам опыта была подана примерно одинаковая норма (8,1—8,8 тыс. м³/га). Однако в рассолении почвы по вариантам имелись существенные различия. В первом случае в верхнем метровом слое после промывки осталось 1,49% солей, в том числе хлор-иона — 0,17% от массы почвы, то есть почва осталась сильнозасоленной, и поэтому урожай хлопка-сырца был очень низким —7,1—9,0 ц/га. Во втором варианте содержание хлора в почве снизилось до 0,039% (средняя степень засоления). Соответственно урожайность хлопчатника повысилась до 15,6—16,4 ц/га. В третьем варианте произошло рассоление почвы до 0,02% по хлор-иону (слабая степень засоления). Это обеспечило получение 20,9—23,0 ц/га хлопка-сырца, что в 2,6—2,9 раза больше, чем на контроле.

18. Эффективность приемов ускорения промывки трудномелиорируемых почв

Вариант	Вымыто солей, т/га		Промывное действие воды, кг/м³	Продолжительность промывки, сут	Урожайность хлопчатника, ц/га	
	всего	в том числе хлора			1977 г.	1978 г.
Промывка на фоне обычной вспашки + временный дренаж (контроль)	74,3	24,6	3,0	64	7,1	9,0
Промывка на фоне глубокого рыхления + временный дренаж	103,5	57,0	6,6	30	16,6	16,4
Промывка на фоне внесения 30 т/га навоза + глубокое рыхление + временный дренаж	185,6	74,6	8,5	23	20,9	23,0

Результаты опытов, проведенных в юго-западной части зоны нового орошения Голодной степи (совхоз № 26) Ш. Асабаевым (1971), позволили установить, что временный дренаж при промывке увеличивает скорость отвода срабатываемых вод в 2—3 раза и сокращает сроки промывки в 1,5—2,0 раза.

Почвогрунты опытного участка, заложенного в совхозе № 26, в исходном состоянии были засолены по хлор-иону до 0,01%, а по сумме вредных солей ($MgSO_4+NaCl+Na_2SO_4$) — до 1,0%. Минерализованные грунтовые воды (29—35 г/л по плотному остатку) залегали на глубине 3,0—3,1 м. Характерным для опытного участка являлось наличие на глубине 0,8—1,0 м прослойки гипса. Коэффициент фильтрации почвогрунтов —0,2—0,3 м/сут. На участке функционировал закрытый горизонтальный дренаж с расстоянием между дренами 70 м. В дополнение к постоянной сети были построены временные дрены глубиной 0,8—1,0 м с расстоянием между ними 15 и 30 м. На контроле временные дрены не нарезались.

Промывка проводилась в раннеосенний период (с 15 августа) отдельными тактами с перерывами 7—8 дней, норма каждого такта (брутто)—5—6 тыс. м³/га. Водоподача в последующих тактах начиналась после прекращения стока из временных дрен, то есть после понижения уровня грунтовых вод ниже глубины заложения временных дрен. Анализ результатов наблюдений показал, что большая часть воды в первых двух вариантах была отведена временными дренами. Общий объем воды, отведенный дренажем по вариантам опыта, составил соответственно 66,2, 62,2 и 36,5% от водоподачи. Из этого количества на сток по временным дренам в первых двух вариантах приходится 67,6 и 60,6% (табл. 19).

Модуль дренажного стока в среднем за период промывки по глубоким дренам составил 0,53 л/с·га, а по мелким временным —1,53 л/с·га при расстоянии между ними 15 м и 1,04 л/с·га —30 м.

Скорость сработки уровня грунтовых вод зависит от частоты заложения временных дрен. Так, при расстоянии между ними 15 м скорость понижения уровня грунтовых вод в перерывах между тактами составила 7—8 см/сут. После окончания промывки в течение 8—12 суток она составляла 6—8 см/сут, а затем уменьшилась до 2,0—2,5 см/сут. При расстоянии между временными дренами в 30 м эти величины были несколько меньше и соответственно составили 4—6 и 2—2,5 см/сут. Там, где временных дрен не было, скорость понижения уровня грунтовых вод между тактами и после промывки была значительно меньшей и колебалась в пределах 1,5—2,5 см/сут.

Минерализация стока по временным дренам уменьшилась с 5—9 г/л в начале до 2,5—3,0 г/л по плотному остатку в конце промывки. По глубоким дренам она снизилась за время промывки с 29,0 г/л до 12,2 г/л. Вынос солей временными дренами по первым двум ва-

19. Водный баланс опытных участков на период промывки (по Ш. Асабаеву)

Расстояние между дренами, м: мелкими / глубокими	Приход, м³/га		Расход, м³/га	
15 / 70	Водоподача и осадки	18100	Испарение	4330
			Отведено КДС:	
			мелкими дренами	8100
			глубокими дренами	3880
			Изменение запасов влаги	1500
	Итого:	18100		17810
30 / 70	Водоподача и осадки	17710	Испарение	5700
			Отведено КДС:	
			мелкими дренами	6700
			глубокими дренами	4360
			Изменение запасов влаги	1500
	Итого:	17710		17760
— / 70	Водоподача и осадки	14670	Испарение	6400
			Отведено КДС:	
			глубокими дренами	5350
			Изменение запасов влаги	2100
	Итого:	14670		14350

рантам составил почти 25% от общего их уменьшения в 3-метровом слое почвы.

При указанных выше частоте и глубине заложения временных мелких и глубоких дрен глубина опреснения за период промывки доходила до 1,3—1,4 м, а при отсутствии временного дренажа — всего 0,8 м (табл. 20).

В. Бобченко (1977 г.) для сокращения продолжительности рассоления тяжелых сильнозасоленных земель предложил метод двухстадийной промывки. Он

20. Динамика рассоления почвогрунтов при промывке на фоне мелкого и глубокого дренажа, % (по Ш. Асабаеву)

Расстояние между дренами, м мелкими / глубокими	Срок определения	Слой, см 0—40	40—100	100—200	200—300
15 / 70	До промывки	0,048	0,065	0,075	0,113
		0,488	0,697	0,938	1,304
	После подачи	0,024	0,042	0,087	0,138
	4500 м³/га	0,395	0,459	1,089	1,347
	После подачи	0,011	0,031	0,089	0,132
	8500 м³/га	0,236	0,283	0,647	1,149
	После подачи	0,008	0,007	0,024	0,066
	13050 м³/га	0,208	0,234	0,421	0,696
30 / 70	До промывки	0,037	0,055	0,059	0,077
		0,432	0,670	0,871	0,533
	После подачи	0,030	0,041	0,055	0,076
	4400 м³/га	0,286	0,492	0,758	1,142
	После подачи	0,013	0,021	0,066	0,072
	8720 м³/га	0,267	0,416	0,645	0,915
	После подачи	0,014	0,011	0,022	0,055
	12000 м³/га	0,285	0,259	0,339	0,858
		0,019	0,044	0,054	0,067
— / 70	До промывки	0,537	0,605	0,793	0,900
	После подачи	0,010	0,036	0,047	0,067
	3540 м³/га	0,696	0,596	0,737	0,918
	После подачи	0,013	0,016	0,058	0,067
	5850 м³/га	0,236	0,321	0,673	0,833

Примечание: числитель — хлор-ион; знаменатель — сумма токсичных солей.

полагал, что эффективность промывок сильнозасоленных земель можно повысить загущением временного дренажа и, следовательно, увеличением градиента фильтрационного напора и скорости фильтрации.

В предлагаемом методе после рассоления верхней метровой толщи до оптимальных пределов (1 стадия)

и разравнивания участка временные дрены нарезаются заново по середине междрений первой стадии, через одно из этих междрений. Расстояния между временными дренами для второй стадии промывки делаются в два раза больше, чем для первой стадии.

Этот способ промывки апробирован Климовой Г. (1977 г.) на опытном участке, расположенном на территории совхоза № 5 (Ильичевский район, Сырдарьинская область). Почвы опытного участка сероземно-луговые, солончаковые с содержанием токсичных солей в верхних горизонтах до 1,2%. По профилю засоление постепенно возрастает, что характерно для данной зоны. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Почвогрунты опытного участка характеризуются очень слабой водопроницаемостью с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут. Объемная масса почвогрунтов варьирует в пределах 1,36—1,73 г/см³, а порозность —36—49,6%, что говорит о неоднородности сложения почвогрунтов зоны аэрации.

Грунтовые воды с минерализацией 40—60 г/л по плотному остатку до промывки были обнаружены на глубине 3,6 м.

В опыте испытывали варианты расположения временных мелких дрен глубиной 0,9—1,0 м при 10 м между ними (I стадия промывки) и 20 м (II стадия). В качестве контроля изучали промывку при расстоянии между мелкими дренами 20 м.

На первой стадии промывки в течение 110 суток подано 14,4 тыс. м³/га (модуль водоподачи равен 1,55 л/с·га), а среднесуточная фильтрация составила 130 м³/га. На второй стадии за 40 суток подано 5,2 тыс. м³/га (модуль водоподачи 1,07 л/с·га), а среднесуточная фильтрация снизилась до 92 м³/га. Таким образом, учащение временного дренажа позволило значительно интенсифицировать процесс водообмена в промываемой толще почвогрунтов.

При указанной выше интенсивности водообмена в почвенной толще за первую стадию промывки временными дренами отведено 9,6 тыс. м³/га воды. Средний модуль дренажного стока составил 1,22 л/с·га. Дренажным стоком вынесено 129,4 т/га солей. При второй стадии промывки объемом стока по временным дренам в размере 2,2 тыс. м³/га вынесено 36,6 т/га солей. Глубокими дренами отведено 3,32 тыс. м³/га воды и 207 т/га солей соответственно.

На контрольном варианте за тот же период промывки (150 суток) подано 16,0 тыс. м³/га воды. Среднесуточная фильтрация за весь период составила 88 м³/га при модуле водоподачи 1,02 л/с·га. Временными дренами отведено 8,5 тыс. м³/га воды при среднем модуле дренажного стока 0,67 л/с·га. Временными дренами за период промывки отведено 84,0 т/га водорастворимых солей. За тот же период глубокими дренами отведено 3,15 тыс. м³/га воды и 148 т/га солей.

Из изложенного следует, что строительство частого временного дренажа способствует при прочих равных условиях ускорению фильтрации воды через почвенную толщу и интенсивному выносу солей из почвогрунтов ниже глубины заложения временного мелкого дренажа. Правомерность этого предположения хорошо иллюстрируется данными по изменению засоления почвы. При чередовании размещения временного мелкого дренажа (стадийная промывка) отмечено равномерное рассоление почвогрунтов на глубину до 1,80—2,0 м. Содержание токсичного хлор-иона в этой толще за период промывки уменьшилось до 0,02%, а сумма вредных солей — до 0,4% от веса почвы (табл. 21). На контроле, хотя норма водоподачи была незначительно ниже, в среднем по междренью удовлетворительное рассоление за период промывки как по хлор-иону, так и сумме вредных солей произошло на глубину 0,8—1,0 м. В то же время на отдельных частях междренья было отмечено остаточное высокое содержание солей, особенно в верхнем слое почвы.

21. Рассоление почвогрунтов при промывке на фоне мелкого дренажа, %

Вариант	Соли	Слой, см					
		0—40	40—100	100—150	150—200	200—250	250—300
Двухстадийная промывка	хлор-ион	0,219	0,333	0,282	0,178	0,199	0,127
		0,010	0,013	0,012	0,021	0,095	0,126
	сумма вредных солей	0,883	1,777	1,429	1,167	1,594	1,271
		0,173	0,203	0,256	0,390	0,899	0,927
Контроль	хлор-ион	0,256	0,272	0,301	0,217	0,199	0,165
		0,014	0,026	0,055	0,063	0,140	0,172
	сумма вредных солей	0,903	1,687	1,423	1,173	1,365	1,488
		0,217	0,339	0,777	0,745	1,607	1,081

Примечание: числитель — количество солей до промывки; знаменатель — то же после промывки.

Таким образом, двухстадийная промывка тяжеловодопроницаемых засоленных почв, основанная на последовательном перемещении временных дрен в процессе промывки, аналогично описанному выше, позволяет добиться равномерного опреснения почвогрунтов по площади промываемого участка, увеличить глубину рассоления почв и значительно ускорить темпы ввода этих земель в сельскохозяйственный оборот.

7. Влияние химмелиорантов на темпы рассоления почв

Одним из путей ускорения ввода в сельскохозяйственный оборот тяжеломелиорируемых земель, освоение которых осложняется наличием плотных высококарбонатных шоховых прослоек, резко снижающих водопро-

ницаемость почв, является использование в качестве химмелиорантов навоза и крупнотоннажного отхода гидролизной промышленности — лигнина.

Роль навоза как мелиоранта биологического и химического воздействия и его эффективность в освоении и повышении продуктивности земель общеизвестна. Широкие исследования промывок засоленных земель по унавоженному фону проводились на Хорезмской, Бухарской, Федченковской и Центральной (Голодностепской) опытно-мелиоративных станциях СоюзНИХИ. Этими исследованиями была доказана высокая эффективность промывок с предварительным внесением навоза по сравнению с обычной промывкой.

В последние годы внимание исследователей привлекает гидролизный лигнин как продукт, приближающийся по своим свойствам к навозу и способный в некоторой степени заменять его как удобрение. Суммарный отход лигнина с трех предприятий, действующих в хлопкосеющей зоне Узбекистана — Янгиюльского биохимического завода, Ферганского завода фурановых соединений и Андижанского гидролизного завода — составляет 300—400 тыс. т в год.

Лигнин является предшественником почвенного гумуса, содержит ряд макро- и микропитательных элементов: азот (0,17—0,19%), фосфор (0,20—0,26%), калий (~0,02%), железо (более 3%), марганец, медь, цинк, ванадий и др. Все эти элементы в лигнине находятся в подвижной форме. В зависимости от технологии производства гидролизный лигнин содержит от 0,4 до 3% кислоты, которая при внесении в почву взаимодействует с почвенными карбонатами. При внесении под промывку навоза и лигнина происходит процесс коагуляции почвенных частиц и их агрегация. Однако, несмотря на имеющийся положительный опыт по использованию лигнина как предшественника гумуса в орошаемой зоне, он не находит еще широкого производственного применения. Это во многом связано с тем, что вопросы, касающиеся оптимальных доз внесения его с учетом водно-физических и других свойств почв, не получили достаточного научного обоснования.

В связи с этим в Центральной Фергане (совхоз «Пахтакор»), были проведены специальные исследования с целью установить эффективность лигнина при освоении и промывках. Почвы опытного участка характеризовались тяжелым механическим составом (средние и тяжелые суглинки), большой слоистостью, значительной пестротой. Характерной особенностью в строении почвы являлось наличие по профилю трудноводопроницаемых шоховых прослоек, что в значительной степени снижает эффективность промывки. Капитальная промывка этих почв проводилась по следующим вариантам:

I вариант (контроль) — глубокая вспашка (40 см), промывка;

II вариант — внесение 20 т/га навоза, глубокая вспашка, промывка;

III вариант — внесение 20 т/га лигнина, глубокая вспашка, промывка;

IV вариант — внесение 40 т/га лигнина, глубокая вспашка, промывка.

Варианты опыта расположены перпендикулярно к открытой дрене с глубиной заложения 3 м. Повторность — трехкратная. Расположение вариантов и повторений опыта однорусное. Общая площадь участка — 4,8 га.

Промывки проводили в зимний период затоплением чеков дробными нормами по 1,5—3,0 тыс. м³/га до опреснения верхнего метрового слоя почвы до 0,15% по сумме токсичных солей. Всего за промывку подали 7,0—9,5 тыс. м³/га воды в зависимости от исходного засоления.

Содержание хлора в метровом слое почвогрунтов до начала промывки составляло 0,11—0,56%, а токсичных солей —0,31—1,10% от массы почвы. Внесение под промывку навоза и лигнина способствовало интенсивному рассолению метровой толщи почвы. Причем, наибольшая интенсивность рассоления наблюдалась на начальной стадии промывки. В то же время вынос солей первыми порциями воды на вариантах с навозом и лигнином выгодно отличался от контроля. Так, если при почти одинаковых нормах водоподачи на контрольном варианте после первого такта промывки содержание токсичных солей снизилось на 27—37% от исходного, то на II варианте этот показатель составил 45—61%, а на III и IV — соответственно 52—62% и 46—49%.

В последующие фазы промывки наибольшая интенсивность рассоления промываемой толщи наблюдалась на IV варианте. Здесь интенсивный вынос солей шел на протяжении всей промывки, в то время как на III и, особенно, на контрольном варианте переход к экстенсивной солеотдаче имел место на рубеже 1—2 тактов.

На повышение эффективности рассоления при внесении под промывку навоза и лигнина указывают также данные по удельным затратам воды на удаление солей и промывному действию воды. Так, внесение под промывку 20 т/га навоза позволяет снизить затраты промывной воды на удаление одной тонны токсичных солей из метровой толщи почвы на 24%, внесение 20 т/га лигнина — на 14% и 40 т/га лигнина — на 49% по сравнению с контролем. Коэффициент промывного действия воды при этом повышается соответственно на 31, 21 и 100%.

Для оценки мелиоративной эффективности лигнина и навоза по результатам повторных солевых съемок, проведенных до и после промывки и в промежутках между тактами, и нормам водоподачи были рассчитаны показатели солеотдачи (α) по формуле В. Волобуева.

Расчетом установлено, что внесение под промывку навоза и лигнина способствует снижению затрат воды на промывку на 22—29% по сравнению с обычной промывкой, что в пересчете на реальное условие опыта составит 1300—3600 м³/га в зависимости от исходного засоления, вида и доз вносимых мелиорантов. Следует особо подчеркнуть примерно одинаковый эффект по экономии промывной воды в вариантах с внесением 20 т/га навоза и 40 т/га лигнина (табл. 22).

Существенное влияние оказывают навоз и лигнин на солевой режим почв в послепромывной период. В контрольном варианте уже к концу первого года после промывки наблюдалась некоторая реставрация солей во всей метровой толще. Земли из незасоленной категории перешли в слабозасоленную. Для их рассоления до порога токсичности при исходном засолении 0,032 по хлор-иону и 0,215% по сумме токсичных солей и показателю солеотдачи (α), равному 1,418, потребуется подача воды на промывку в объеме 3,02 и 2,32 тыс. м³/га соответственно. Атмосферные осадки осенне-зимнего периода (156 мм) и весенний запасной полив нормой 2 тыс. м³/га обеспечили рассоление почвы до допустимых пределов к началу вегетации. Во II варианте к концу первого года количество хлор-иона в метровом слое почвы не изменилось; несколько увеличилось содержание токсичных солей —0,146% против 0,113% в начале вегетации. Тем не менее к концу первого года содержание токсичных солей осталось ниже порога токсичности. Процесс реставрации солей затрагивал в основном нижние слои исследуемого профиля. На второй год после промывки им был охвачен уже весь метровый слой почвогрунтов. И все же темпы накопления токсичных солей в этом варианте значительно ниже, чем на контроле.

В III и IV вариантах наблюдаемые изменения в засолении почвогрунтов в целом аналогичны. Разница лишь в том, что внесение лигнина удвоенной нормой

22. Динамика рассоления метрового слоя почвы под влиянием химмелиорантов

Вариант	Такт промывки	Водоподача, тыс. м³/га	Содержание, %		Показатель солестойкости по формуле Возобуева	
			хлор-иона	сумма токсич. солей	хлор-иона	сумма токсич. солей
I	—	—	0,166	0,631	—	—
	1	2,5	0,108	0,398	1,339	1,249
	2	2,0	0,082	0,257	1,470	1,154
	3	2,0	0,041	0,219	1,070	1,414
	4	1,0	0,038	0,187	1,171	1,420
	5	2,0	0,014	0,152	0,884	1,537
II	—	—	0,284	0,714	—	—
	1	2,5		0,347	0,595	0,798
	2		0,191	0,549	0,786	
	3		0,031	0,152	0,754	1,079
	4	2,25	0,017	0,119	0,777	1,221
III			0,217	0,683		
	1	2,5	0,090	0,322	0,654	0,766
	2	2,5	0,044	0,208	0,721	0,968
	3	2,0	0,027	0,156	0,773	1,092
	4	1,5	0,019	0,132	0,989	1,331
IV			0,204	0,809		
	1	2,75	0,098	0,418	0,863	0,959
	2	2,0	0,049	0,267	0,767	0,987
	3	1,5	0,038	0,178	0,856	0,950
	4	1,5	0,028	0,123	0,898	0,947

способствует сравнительно более глубокому рассоляющему эффекту в сравнении с внесением одинарной нормы (0,045—0,115% суммы токсичных солей против 0,094—0,199%). За счет этого, а также за счет улучшения водно-физических свойств почв засоление IV варианта к концу первого и второго годов после промывки остается ниже порога токсичности и составляет 0,008—0,010% по иону хлора и 0,100—0,147% по токсичным солям. Показатели III варианта несколько выше: 0,017—0,029% и 0,137—0,235% соответственно (табл. 23).

Анализ полученных результатов позволил вывести следующую эмпирическую формулу (Рамазанов А., Остроброд Б., 1986) для определения оптимальных, экономически рентабельных норм внесения лигнина под промывку шоховых засоленных почв:

$$A = 0{,}63 \cdot H \cdot C + 2{,}5,$$

где A — норма внесения лигнина, т/га;

H — мощность шохового горизонта, м;

C — общее содержание карбонатов кальция и магния в шоховом горизонте, % к весу сухой почвы.

Нормы внесения лигнина в зависимости от общего содержания карбонатов, рассчитанные по этой формуле для маломощных почв (<0,4 м), составляют 10—18 т/га, для среднемощных (0,4—1,0 м) — 12—40 т/га, для мощных (<1,0 м) — 28—40 т/га.

Из изложенного выше вытекает, что на современном этапе ирригационно-мелиоративного строительства, где общепризнанным является роль дренажа как основного приема регулирования водно-солевого режима, капитальные промывки сильнозасоленных земель и солончаков должны проводиться при наличии нормально работающей коллекторно-дренажной сети. На землях с плохими водно-физическими свойствами капитальные промывки наиболее целесообразно осуществлять с внесением химмелиорантов и механической обработкой почвы.

23. Изменение засоления почвогрунтов в послепромывной период на фоне внесения химмелиорантов

Вариант	Слой, см	Содержание в почве, %									
		хлор-ион			сульфат-ион			сумма токсич. солей			
		после промывки	в конце 1 года	конец 2 года	после промывки	в конце 1 года	конец 2 года	после промывки	в конце 1 года	конец 2 года
I	0—25	0,007	0,032	0,022	0,072	0,102	0,081	0,110	0,190	0,162
	25—50	0,018	0,032	0,038	0,134	0,111	0,133	0,212	0,202	0,242
	50—75	0,018	0,032	0,039	0,080	0,133	0,148	0,137	0,233	0,254
	75—100	0,018	0,034	0,034	0,084	0,132	0,147	0,142	0,234	0,238
	0—100	0,015	0,032	0,033	0,092	0,120	0,127	0,150	0,215	0,226
II	0—25	0,010	0,013	0,016	0,063	0,074	0,090	0,101	0,122	0,173
	25—50	0,012	0,009	0,033	0,054	0,065	0,101	0,106	0,102	0,200
	50—75	0,017	0,015	0,051	0,058	0,101	0,076	0,120	0,162	0,156
	75—100	0,018	0,019	0,041	0,072	0,123	0,069	0,126	0,198	0,142
	0—100	0,014	0,014	0,035	0,067	0,091	0,085	0,113	0,146	0,170
III	0—25	0,007	0,022	0,017	0,061	0,089	0,077	0,094	0,156	0,131
	25—50	0,019	0,019	0,021	0,086	0,079	0,102	0,147	0,137	0,173
	50—75	0,021	0,018	0,018	0,121	0,115	0,129	0,199	0,186	0,209
	75—100	0,012	0,020	0,029	0,094	0,100	0,138	0,147	0,169	0,235
	0—100	0,015	0,020	0,021	0,090	0,096	0,112	0,147	0,162	0,187
IV	0—25	0,004	0,009	0,009	0,029	0,076	0,081	0,045	0,122	0,125
	25—50	0,006	0,010	0,010	0,034	0,078	0,089	0,054	0,127	0,147
	50—75	0,008	0,008	0,008	0,044	0,074	0,077	0,072	0,118	0,113
	75—100	0,011	0,010	0,010	0,100	0,060	0,092	0,155	0,100	0,139
	0—100	0,007	0,009	0,009	0,052	0,072	0,085	0,082	0,117	0,131

ГЛАВА 4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

Эксплуатационная, или так называемая профилактическая, промывка, проводимая ежегодно в осенне-зимний период, предназначена для опреснения слабо- и среднезасоленных почв, находящихся в сельскохозяйственном обороте. Профилактическая промывка предусматривается также в целях предупреждения засоления почв. Устойчивое рассоление корнеобитаемого слоя и зоны аэрации достигается при этом способе в течение ряда лет на фоне интенсивно работающего постоянного дренажа. Нормы эксплуатационных промывок устанавливаются в зависимости от степени, типа засоления и водно-физических свойств почвогрунтов. На слабо- и среднезасоленных почвах со средней и хорошей проницаемостью достаточными являются промывные нормы 2,5—3,5 тыс. м³/га, а на сильнозасоленных — до 5—6,5 тыс. м³/га.

На тяжелых почвах промывные нормы на 15—20% больше, чем на легких и средних. При этом в вегетационные периоды назначаются промывные режимы орошения. Обязательным условием промывного режима мелиоративного периода является соблюдение условия $B \leqslant (1{,}15—1{,}2)\ (И+Т)$, где B — суммарное водопоступление на орошаемые поля; $И+Т$ — суммарное испарение.

Характерными особенностями эксплуатационных промывок является также постепенное рассоление зоны аэрации почвогрунтов и верхнего слоя грунтовых вод за 3—5 лет без применения временного дренажа. Нормы эксплуатационных промывок должны быть увязаны с

водными ресурсами рассматриваемого года, по которым устанавливаются лимиты водоподачи в разрезе областей и районов (табл. 24). В маловодные годы из-за дефицита водных ресурсов несколько снижаются промывные нормы. В связи с этим для повышения рассоляющего эффекта (особенно в маловодные годы) промывок, предотвращения реставрации засоления почв к началу сева необходимо строго соблюдать технологию проведения рассолительных мероприятий и агротехнических приемов, проводимых после завершения промывок (разравнивание чеков и планировка, чизелевание и боронование и др.). Глубокая вспашка и рыхление с внесением органических удобрений (навоза, лигнина) резко повышают рассолительный эффект промывок.

24. Примерные нормы эксплуатационных промывок на орошаемых землях Узбекистана, подверженных засолению (при наличии дренажа)

Механический состав, характер строения и сложения почвогрунтов в зоне аэрации	Исходное содержание хлора-иона в слое 0—100 см, %	Общая промывная норма, тыс. м³/га	Кратность промывок
Голодная степь			
Средне- и легкосуглинистые, однородные	0,01—0,04	3,0—3,5	1
	0,04—0,10	3,5—5,0	2
Слоистые, неоднородные	0,01—0,04	4,0—5,0	2
	0,04—0,10	5,0—6,5	3
Ферганская долина			
Легкие, слоистые	0,01—0,04	2,0—2,5	1
	0,04—0,10	2,5—4,0	2
Среднесуглинистые, слоистые, неоднородные	0,01—0,04	3,0—3,5	1
	0,04—0,10	3,5—5,0	2
Глинистые и тяжелосуглинистые, однородные и слоистые	0,04—0,10	5,0—6,5	3
Бухарская область			
Легкие	0,01—0,04	2,0—2,5	1
	0,04—0,10	2,5—4,0	2
Среднесуглинистые, слоистые, неоднородные	0,01—0,04	3,0—3,5	1
	0,04—0,10	3,5—5,0	2
Глинистые и тяжелосуглинистые, однородные и слоистые	0,01—0,04	4,0—5,0	2
	0,04—0,10	5,0—6,5	3
ККАССР и Хорезмская область			
Легкие, слоистые	0,01—0,04	3,0—3,5	2
	0,04—0,10	3,5—5,0	3
Среднесуглинистые, слоистые, неоднородные	0,01—0,04	4,0—5,0	3
	0,04—0,10	6,0—7,5	5
Каршинская и Шерабадская степи			
Легкие, слоистые	0,01—0,04	3,0—3,5	2
Среднесуглинистые, слоистые, неоднородные	0,01—0,10	3,5—5,0	2—3
	0,01—0,04	4,0—5,0	3
	0,04—0,10	5,0—6,5	4
Глинистые и тяжелосуглинистые	0,01—0,04	5,0—6,0	3
	0,04—0,10	6,0—7,5	

Эксплуатационная промывка так же, как и капитальная, наибольший эффект дает на фоне вертикального дренажа, который достигается за счет создания большой свободной емкости почвогрунтов путем усиленной откачки, проводимой перед промывкой (табл. 25).

В то же время усилением отбора подземных вод можно добиться быстрой сработки промывных вод и регулировать грунтовые воды в оптимальных диапазонах, тем самым предотвратить реставрацию засоления почв.

1. Сроки проведения эксплуатационных промывок и влагозарядковых поливов

Влагозарядковый полив, проводимый обычно весной на незасоленных и слабозасоленных почвах с повышенной нормой водоподачи — до 2,0 тыс. м³/га, можно рас-

25. Сравнительный эффект от эксплуатационной промывки на фоне различных типов дренажа при одинаковой дренированности территории (засоленность средняя и сильная)

Условия промывки	Тип дренажа		
	горизонтальный	вертикальный	комбинированный
Легкие почвы, $K_ф > 0,5$ м/сут			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	70—75	до 60	до 60
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	3—5	1	2—3
Средние почвы, $K_ф = 0,1—0,5$ м/сут			
Затраты воды на вынос 1 т солей, с га м³	160—150	70—100	85—125
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	5—8	2—3	3—5
Тяжелые почвы, $K_ф < 0,1$ м/сут			
Затраты воды на вынос 1 т солей с га, м³	200—250	150—200	175—250
Продолжительность рассоления зоны аэрации, лет	5—7	2—3	3—5

сматривать как разновидность профилактической промывки. Он проводится в районах с недостаточным количеством атмосферных осадков — менее 200 мм в год.

Влагозарядковые поливы наиболее эффективны на автоморфных и полуавтоморфных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод (более 3 м). В этом случае они позволяют получить всходы без вызывного полива, сократить число вегетационных поливов и уменьшить величину оросительной нормы.

На гидроморфных почвах с разной степенью засоления запасные поливы, проводимые в ранневесенний период, называют зимним поливом. В отдельных районах (на легких и маломощных почвах) запасной полив проводят перед посевом, в этом случае его называют пред-

посевным. Техника его проведения такая же, как и вегетационного полива. Норма влагозарядкового полива колеблется от 1,0—1,8 тыс. м³/га на маломощных почвах, подстилаемых песками или галькой (глубиной 0,5—1 м), до 2,5 тыс. м³/га — на мощных автоморфных почвах. На малых уклонах влагозарядковые поливы можно осуществлять аналогично промывкам, применяя при этом меньшие по высоте валики — 25—30 сантиметров. При малых уклонах полей можно применять увлажнение по неглубоким затопляемым бороздам. На полях со средними и большими уклонами влагозарядковые поливы следует проводить по бороздам, однако их длина должна быть в 1,5—2 раза меньше применяемых обычно при вегетационных поливах, борозды должны быть тупыми, а полив производиться без сброса.

В республике ежегодно на площади 1,77 и 1,85 млн. га земель проводятся эксплуатационные промывки и влагозарядковые поливы. При этом на площади 1,1—1,2 млн. га, представленных слабозасоленными почвами, промывка совмещается с влагозарядковыми поливами. На осенне-зимние промывки и влагозарядковые поливы расходуется от 11,5 до 13,0 км³ воды. Эффективность осенне-зимних рассолительных мероприятий во многом зависит от правильности организации проведения промывок, в первую очередь, подготовки земель и срока их реализации.

При назначении сроков осенне-зимних эксплуатационных промывок и влагозарядковых поливов основными показателями являются дренированность территории, характеризуемая скоростью сработки промывных инфильтрационных вод; уровень грунтовых вод, определяющий свободную емкость и объем воды, вмещаемой в зоне аэрации за один полив; типы и степень засоления почвы, а также водные ресурсы и погодные условия за невегетационный период. При высокой дренированности земель, обеспечивающей быструю сработку промывных

инфильтрационных вод (> 5 см/сут), и в почвогрунтах с высокой водопроводимостью (легкие суглинки и супеси) время проведения промывки можно строго не регламентировать. В этих условиях сроки проведения промывок устанавливаются в зависимости от степени и типа засоления почв, которые определяют нормы водоподачи: чем сильнее засолены почвы, тем больше объем водоподачи и продолжительность промывки. Для трудномелиорируемых земель, характеризуемых низкой водо- и солеотдачей, продолжительность промывки больше.

Результаты многолетних опытов водохозяйственных организаций и натурных исследований показывают, что оптимальными сроками эксплуатационных промывок является время, когда грунтовые воды залегают наиболее глубоко. В это время на мелиорируемых землях создаются условия для подачи необходимого объема инфильтрационной воды через промываемую толщу. Для большинства орошаемых регионов это осень и зима.

Многочисленные опыты, проведенные в различных почвенно-климатических и инженерно-геологических зонах, показали, что в условиях недостаточной дренированности территории наилучшими сроками промывки являются:

Голодная степь — ноябрь-декабрь

Ферганская долина — ноябрь-декабрь

Каракалпакская АССР — декабрь (2/3 нормы промывки)
Хорезмская область — февраль-апрель (1/3 нормы промывки)

Бухарская, Сурхандарьинская и Кашкадарьинская области — конец января — февраль-апрель

Конкретные сроки проведения промывных поливов должны устанавливаться специалистами хозяйства (агрономом, инженером-гидротехником) с учетом погодных и климатических условий и наступлением весенних полевых работ. Обычно в теплые периоды года при положительных температурах легкорастворимые соли быстро

выносятся из почвенного слоя промываемой водой. Однако при этом испарение гораздо больше, чем таковое в зимнее время. В принципе сроки промывки следует назначить таким образом, чтобы обеспечить к началу сева оптимальные запасы влаги для получения нормальных всходов сельхозкультур и в тоже время сработкой грунтовых вод предотвратить реставрацию засоления почв. Поэтому в годы с высокой обеспеченностью атмосферными осадками следует начинать промывку в конце ноября и декабря, а в маловодные годы — несколько позже.

До сих пор во многих хозяйствах придерживаются мнения о необходимости проведения промывных поливов только в осенне-зимний период — ноябрь-декабрь, когда грунтовые воды залегают наиболее глубоко от поверхности. Такое мнение сложилось из опыта, когда промывка осуществлялась без дрен или их мощность была недостаточной для быстрого регулирования и снижения уровня грунтовых вод. В этих условиях промывкой легкорастворимые соли вытесняются в нижние почвенные слои и грунтовые воды, а в вегетационный период земли повторно засоляются. С другой стороны, организация и проведение промывок в осенне-зимний период была вызвана незарегулированностью водных ресурсов. Теперь водохранилища позволяют проводить промывки в любое время года. Одновременно в основных районах орошаемой зоны республики построены и эксплуатируются 109 тыс. км горизонтального и около 3,7 тыс. скважин вертикального дренажа. Земли большинства хозяйств обеспечены дренажем, с помощью которого можно создавать необходимый отток подземных вод и снижение их уровня до требуемой глубины в любое время года.

На массивах, где построен вертикальный дренаж, в период осенне-зимних рассолительных мероприятий система должна работать без перерыва, создавая свобод-

ную емкость для приема инфильтрационных промывных вод. Открытая коллекторно-дренажная сеть также должна работать бесперебойно, отводя грунтовые воды за пределы орошаемых массивов.

При назначении сроков промывок и влагозарядковых поливов следует принимать во внимание и агроклиматические факторы. Характерными особенностями маловодных лет являются не только ограниченные водные ресурсы, но и резко отличающиеся от среднемноголетних температуры, а также распределение осадков по сезонам. Обычно в эти годы осенне-зимних дней с положительными температурами больше, а объем осадков в весенние месяцы — намного меньше, чем в среднемноголетние годы. Так, по данным метеостанций, расположенных в Голодной степи, в зимне-весенний период 1986 г. температура воздуха изменялась от +3,9°С до +15,4°С. За пять зимне-весенних (январь — май) месяцев количество выпавших атмосферных осадков не превышало 98 мм, а испарение из почвенного слоя составило 318 мм. Если при том соотношении атмосферных осадков и суммарного испарения, которое сложилось в этот год, проводить промывку в первой декаде января нормой 3,0 тыс. м³/га, то к 15—20 марта влажность почвы в корнеобитаемом слое достигнет 0,7 ППВ, а к началу сева (5—10 апреля) составит 0,55—0,6 ППВ. Такое положение создаст условия для формирования неблагоприятного солевого режима почв — неизбежной реставрации их засоления, что подтверждается данными натурных исследований (рис. 12).

В маловодные годы планируемые хозяйствами агротехнические мероприятия должны быть нацелены не только на опреснение почвенного слоя, но и на предотвращение реставрации засоления земель, обеспечение оптимальной влажности в почве для получения нормальных всходов и развития растений. Поэтому в маловодные годы лучшими сроками проведения рассолительных мероприятий являются последние месяцы зимы и ранневесенний период.

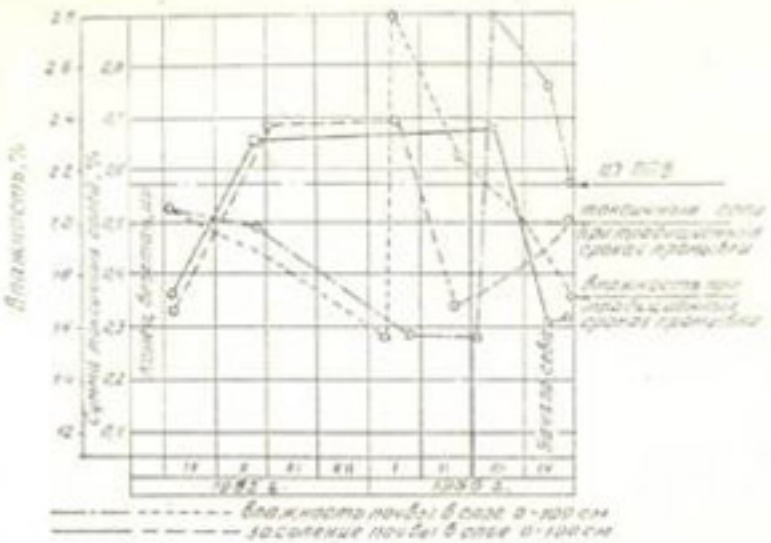

Рис. 12. Влияние сроков промывки на влажность и засоление почв в условиях теплой зимы и маловодья (на промывку подано 4,5 тыс. м³/га воды).

Опыты САНИИРИ, НПО Союзхлопок, передовых хозяйств, проведенные в различных районах республики, показывают, что при нормальной работе коллекторно-дренажной сети ежегодные эксплуатационные промывки можно проводить как в осенне-зимний, так и в ранневесенний периоды. Но перенос их на поздние сроки обеспечит необходимый влагозапас перед посевом. Исходя из этого и ограниченности водных ресурсов в маловодные годы на средне- и слабозасоленных землях, площадь которых по республике составляет более миллиона гектаров, промывные поливы следует совмещать с влагозарядковыми и проводить в предпосевной период. В то же время организация и проведение влагозарядковых поливов должны быть увязаны с пропускной

способностью внутрихозяйственной оросительной сети. Это необходимо для успешного завершения полива и подготовки полей к севу.

Существует ряд общих правил подготовки земель и порядка проведения промывок. При подготовке земель к промывке в первую очередь следует проводить очистку оросительной сети и дрен от заиления и растительности. После уборки гузапаи производится вспашка на глубину 30—35 см, боронование и текущая планировка длиннобазовым планировщиком в двух направлениях с разницей отметок от ±5 до ±10 см. Разбивка поля на чеки производится отделами (службами) ирригатора и мелиоратора хозяйства. Оси валиков и оросителей отмечаются вехами высотой 0,8—1,0 м. Размеры чеков зависят от уклона и качества планировки полей:

Уклон поверхности	Ширина, м	Длина, м	Площадь 1 чека, га
0,002	50	50	0,25
0,002—0,004	50	33	0,165
0,004—0,006	50	25	0,125
0,006—0,01	50	17	0,085

Нарезку валиков высотой 40—50 см производят валикоделателями КЗУ-0,3; ВД-61. Сначала устраиваются поперечные валики, потом продольные. При такой последовательности нарезки исключаются ручные работы по заделке стыков валиков.

В производственных условиях строго придерживаться указанных размеров трудно. Однако нужно стремиться к тому, чтобы максимальный размер чека не превышал 0,5 га. Дело в том, что при проведении промывок по чекам, размеры которых превышают 0,4—0,5 га, практически поддерживать одинаковый слой воды на всей площади не удается и, как следствие, равномерного рассоления почвы не происходит. Кроме того, из-за наличия микроповышений и микропонижений почва после промывки поспевает не одинаково в пределах чека, что затягивает сроки проведения весенних предпосевных работ.

Надо также иметь в виду, что при проведении промывки по крупным чекам, под давлением гидростатических напоров часто происходят разрушение откосов дрен, смыв валиков, прорыв воды с полей в дрены и их заиление. Промывка по крупным чекам приводит также к значительному снижению коэффициента использования воды по сравнению с промывками по малым чекам. Такая промывка нецелесообразна и с точки зрения организации работ. В силу ограниченности водных ресурсов и их лимитирования, как показывают производственные опыты в Голодной степи, низовьях Амударьи, зачастую не удается за осенне-зимний период осуществить эксплуатационные промывки на всей площади, подлежащей рассолению.

Промывки производятся круглосуточно, для чего необходимо организовать сменную работу поливальщиков. Чеки заливаются водой до создания слоя 10—20 см. Во избежание прорывов и холостых сбросов все работы по распределению воды по чекам осуществляются в дневное время сосредоточенным током, а в ночное — производится осмотр и доливка рассредоточенным током. Для предотвращения в ночное время прямых сбросов воды с дрены в конце участка необходимо оставлять поля площадью 1—1,5 га, огороженные валиками высотой до 1,0 м (рис. 13).

Промывки следует начинать с середины междренья и двигаться к дренам. Общая промывная норма должна подаваться дифференцированно: на слабозасоленных почвах — за один прием; на средне- и сильнозасоленных — дробно, с перерывом продолжительностью 3—6 суток. На поля воду нужно подавать так, чтобы напол-

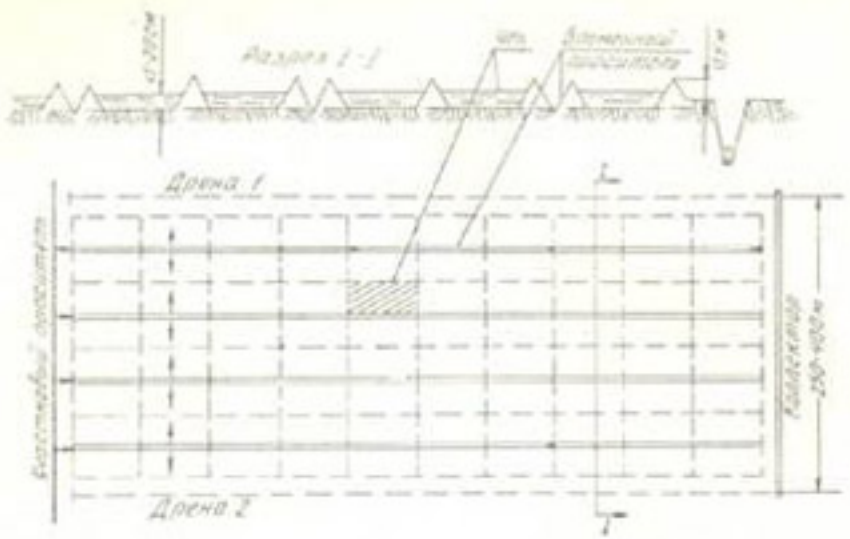

Рис. 13. Промывка по малым чекам.

нение чека и образование зеркала воды происходили в возможно короткий срок.

Опыт промывок в Голодной степи и Ферганской долине показывает, что для достижения этого вода в чеки должна подаваться по временным оросителям с расходом не менее 30—40 л/с.

По мере затопления всей площади чека и набора определенного слоя воды каждый чек закрывается отдельно. После подачи расчетных промывных норм ток воды на поле прекращается, и по мере высыхания почвы производится послепромывная солевая съемка. На основании сопоставления данных солевого опробования (съемки), проведенного до и после промывки, оценивается ее эффективность.

Если площадь недопромытых земель составляет всего 10—15%, то в период вегетации культур-освоителей (люцерна, суданская трава, джугара и т. д.) производится допромывка путем подачи завышенных норм поливов. В случае, когда площадь недопромытых земель превышает 25%, рассоление корнеобитаемого слоя почв достигается путем подачи увеличенных поливных норм (на 10—15% выше по дефициту влаги), то есть путем промывного режима орошения в вегетационный период.

С рассолением земель промывки прекращаются. По мере высыхания почвы валики и временные оросители разравниваются, поля выравниваются длиннобазовым планировщиком и производятся подготовительные работы для сева основных севооборотных культур.

2. Рассоление почв осенне-зимними эксплуатационными промывками на фоне вертикального дренажа

На фоне вертикального дренажа рассолительный эффект от профилактической промывки, проводимой в осенне-зимний период, во многом определяется режимом эксплуатации систем скважин, расположенных на территории хозяйств или массива. На фоне вертикального дренажа мелиоративный режим почв формируется под воздействием режима откачек систем. В принципе, регулируя объем отбора подземных вод на орошаемых землях, можно создать любой мелиоративный режим почв — гидроморфный, полуавтоморфный и автоморфный.

Рассолительный эффект от промывки достигается путем создания до подачи воды на поля свободной емкости и оптимальной скорости сработки инфильтрационного тока и грунтовых вод в период промывки и после ее завершения.

В невегетационный период общую продолжительность работы СВД (системы вертикального дренажа) можно выразить как

$$t_{об} = t_{см} + t_{пр} + t_{пп}, \qquad (4.1)$$

где $t_{ем}$—период создания откачками из скважин емкости в почвогрунтах на сильнозасоленных землях и солончаках понижением грунтовых вод на глубину 4÷4,5 м. Это позволяет проводить промывки большими нормами, получать высокие скорости фильтрации воды в процессе промывок и, тем самым, ускорять темпы рассоления. На староорошаемых землях создание емкости в почвогрунтах можно начинать за 15—20 дней до конца вегетации (15—20 августа), что дает возможность, кроме создания емкости, ускорить процесс созревания хлопчатника и уборки урожая. Следовательно, продолжительность откачки для создания свободной емкости составляет три месяца (с 20.08 по 20.11), а в маловодные годы до пяти месяцев (с 20.08 до февраля следующего года).

$t_{пр}$—продолжительность промывок. Сроки начала и окончания устанавливаются административно-хозяйственными органами. В Голодной степи, например, промывки начинаются после уборки сельскохозяйственных культур в декабре и завершаются в январе;

$t_{пп}$—период от конца завершения промывных поливов до начала проведения ранневесенних полевых работ. Для большинства орошаемых земель—это с февраля по апрель.

Таким образом, общая продолжительность работы СВД для обеспечения эффекта промывок и подготовки к посеву ($t_{об}$) составляет семь-восемь месяцев. Вертикальный дренаж на засоленных землях в период подготовки к промывке и в процессе ее проведения, а также в оставшееся до посева время должен эксплуатироваться с максимальным объемом отбора подземных вод при КПРС не ниже 0,7 — 0,75 для средних и тяжелых, 0,6 — 0,7 — для легких почв.

Требуемая свободная емкость почвогрунта, необходимая для ускорения темпов рассоления, зависит от механического состава, степени и типа засоления почв, то есть параметров, определяющих промывную норму. Однако величину свободной емкости следует рассчитывать

исходя из приема части промывной воды. Оставшаяся часть подается во второй прием с перерывом в три — пять дней в зависимости от проницаемости почв.

Величина свободной емкости, создаваемая перед промывкой почв, определяется по формуле:

$$h_{ем} = H_р + 0{,}0001\,\frac{N_з}{\sigma_{ср}}, \qquad (4.2)$$

где $H_р$—глубина грунтовых вод в конце вегетации для эксплуатационных промывок, проводимых в осенне-зимний период, м;

$N_з$—доля промывной воды, подаваемой при первом поливе, м³/га;

$\sigma_{ср}$—осредненный коэффициент водоотдачи при понижении грунтовых вод и недостаток насыщения при их подъеме.

С другой стороны, количество воды, которое может вместить свободная емкость, определяется исходя из зависимости:

$$N = 10000\,h_с \cdot \sigma_{ср}. \qquad (4.3)$$

Продолжительность промывки в свободную емкость и сработка промывной воды устанавливаются из зависимости:

$$T = \frac{\sigma_{ср}}{v_{срп}}\left(h_с - h_к l_n \frac{h_к + h_с}{h_к}\right) + t_{пр} + \frac{h_{пп}}{v_{срп}}, \qquad (4.4)$$

где $t_{пр}$—время, затраченное для поддержания постоянного слоя воды в чеках, сут;

$h_к$—высота капиллярного подъема, м;

$v_{срп}$—средневзвешенная скорость снижения уровня грунтовых вод при беспрерывной работе систем скважин, см/сут;

$h_{пп}$—глубина сработки грунтовых вод, требуемая до начала посева, м.

Согласно натурным исследованиям, средняя скорость снижения грунтовых вод изменяется в зависимости от сложения покровных мелкоземов в широких пределах: 5—10 см/сут и более — для супесей и легких суглинков; 3—5 см/сут — легких и средних суглинков; 2—3 см/сут — для средних и тяжелых суглинков; 1—2 см/сут — тяжелых суглинков и ниже 1,0 см/сут — для глин и сильно переслаивающихся с гипсоносными прослойками грунтов.

В осенне-зимний период общий баланс вод, подаваемых на промывку с учетом атмосферных осадков и их расходованием на испарение, должен удовлетворять условию:

$$O_c + N^{max} - \sum T_н - (W^a_к - W^a_н) \leqslant 190\, v_{срв} \cdot \sigma, \quad (4.5)$$

где $W^a_н$, $W^a_к$—содержание запасов влаги в зоне аэрации в начале и конце промывок, %.

Для расчета может быть использована формула Енгулатова И.

$$W = h(m - \bar{A}\sqrt{n'}),$$

где h — глубина грунтовых вод, м;

m — пористость;

$\bar{A}$—параметр, характеризующий проницаемость почвогрунтов. Для Голодной степи $\bar{A}=0{,}11$, Бухарского оазиса—0,15, Ферганской долины $\bar{A}=0{,}12$.

Главным условием повышения рассолительного эффекта промывки на фоне вертикального дренажа являются использование свободной емкости под промывную норму и сработка запасов грунтовых вод до посева сельхозкультур на глубину 1,5—1,8 м.

В 1963 г. для отработки приемов рассоления почв путем проведения осенне-зимних промывок и промывного режима орошения на территории совхоза «50 лет Узбекистана» (бывший «Социализм») Сырдарьинской области было выбрано поле, расположенное в зоне влияния 4-ой и 5-ой скважин с площадью 17,0 га. В исходном состоянии почвы участка относились к сильнозасоленным с пятнами солончаков: содержание солей в метровом слое составляло 2,03% по плотному остатку и 0,16% по иону хлора, а по иону серной кислоты —1,3%. К низу по почвенному профилю в горизонтах 1—2 м количество солей снижалось соответственно до 1,28, 0,11 и 0,66%.

Освоение земель участка началось в 1964 г. проведением весной промывки нормой 10,2 тыс. м³/га при расчетном значении 25 тыс. м³/га. На промывку использовалась вода, откачиваемая из скважины № 5, минерализация которой составила 1,3—1,4 г/л, в том числе 0,3—0,4 г/л хлор-иона. После промывки на поливном участке был посеян хлопчатник. Из-за несвоевременного посева, несоблюдения правил агротехники наблюдались большие выпады хлопчатника, которые составили около 40% от общей площади участка. Промывка несколько снизила содержание легкорастворимых солей в метровом слое по сравнению с осенью 1963 г. (с 2,1 до 1,65% по плотному остатку и с 0,16 до 0,083% по иону хлора). Однако, несмотря на полив оросительной нормой 5,7 тыс. м³/га, к осени наблюдалась некоторая реставрация засоления (на 0,15%) против весны (табл. 26). Урожайность хлопчатника составила 5 ц/га. Осенью 1964 г. не была проведена эксплуатационная промывка.

В 1965 г. за период вегетации было подано всего около 5,8 тыс. м³/га воды, но, несмотря на это, к осени заметно уменьшилось содержание легкорастворимых солей. Начиная с осени 1965 г. на участке регулярно проводилась промывка нормой 2,8—3,6 тыс. м³/га, а за период вегетации полив сельскохозяйственных культур проводился оросительной нормой 4,8—6,5 тыс. м³/га. Общее водопоступление (нетто) поля (с учетом атмосферных

26. Изменение содержания легкорастворимых солей в почвах под влиянием промывного режима орошения на фоне вертикального дренажа, %

Показатель	Содержание солей от веса сухой почвы												Плотный остаток				Изменение от исходного	
													иона хлора					
	1963 г.			1964 г.			1965 г.			1966 г.			1967 г.					
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Мощность слоя, м																		
0—1	2,00	2,16	1,65	1,80	1,5	1,50	1,70	1,3	1,5	1,29	1,46	1,21	−0,57	−0,89
	0,16	0,16	0,085	0,15	0,046	0,036	0,045	0,04	0,09	0,037	0,027	0,027	−0,123	−0,131
1—2	1,29	1,30	1,57	1,15	1,20	1,15	1,40	1,31	1,36	1,26	1,34	1,10	+0,06	−0,4
	0,11	0,11	0,096	0,07	0,022	0,024	0,075	0,055	0,031	0,028	0,047	0,027	−0,123	−0,133
0—2	1,65	1,89	1,61	1,47	1,35	1,72	1,55	1,31	1,43	1,27	1,40	1,16	−0,25	−0,61
	0,13	0,13	0,85	0,11	0,04	0,03	0,06	0,045	0,045	0,039	0,042	0,027	−0,108	−0,100
Уровень грунтовых вод, м	1,95	1,75	0,8	1,4	2,0	1,6	2,0	2,5	2,3	2,6	2,4	2,75		
Пьезометрический напор, м	1,9	1,65	2,2	2,4	2,5	2,6	2,2	3,4	2,7	3,0	3,1	3,35		
Минерализация грунтовых вод, г/л	16—17	15,0	6—9	7—8	6—8	6,7	5—6	6—8	6—7	5—6	6—7	4—5		
Водообмен, тыс. м³/га	—	—	15,9		5,75		6,99		8,1		8,5			
Урожайность, ц/га	—		5		0,0		20		25		29			

осадков) изменялось от 11,0 до 12,5 тыс. м³/га при суммарном испарении 7,8—8,5 тыс. м³/га, то есть на участке соблюдался промывной режим орошения $\frac{O+B}{\Sigma HT} \geqslant 1{,}25-1{,}4$. При таком режиме после пятилетнего освоения засоленных земель под влиянием эксплуатационных промывок и орошения сильнозасоленные почвы перешли в категорию слабозасоленных. Содержание солей в метровом слое почвы составило 1,21% по плотному остатку против исходного 2,10%.

Количество хлор-иона снизилось до 0,027% при исходном содержании его до освоения 0,16%.

Общий вынос легкорастворимых солей из двухметровой толщи за период исследований (1963—1968 гг.) составил 158,6 т/га (29%) по плотному остатку и 43,3 т/га (77%) по иону хлора. Одновременно с рассолением почвогрунтов опреснились грунтовые воды на 12—13 г/л (4—5 г/л против 16—17 в начальный период освоения).

За этот период уровень грунтовых вод изменялся в пределах 1,4—2,6 м, а напорных — 1,8—3,5 м. На участке был создан постоянный нисходящий фильтрационный сток с покровного мелкозема в каптируемый пласт, размер которого составлял 3,2—4,5 тыс м³/га.

В процессе освоения засоленных почв под влиянием промывного режима орошения наблюдались значительные изменения в солевом составе почвогрунтов (табл. 27).

Данные таблицы показывают, что за 1963—1968 гг. из метрового слоя почвы было вынесено 49,6% суммы токсичных солей, 80,5% NaCl, 22,5% $MgSO_4+Na_2SO_4$. Одновременно в том же слое несколько увеличилось $CaSO_4$. В слое 0—3,5 м количество вышеуказанных солей уменьшилось соответственно на 46,66 и 38,5% против первоначальных запасов с накоплением водорастворимого гипса в нижних слоях.

27. Изменение состава и содержания водорастворимых солей при освоении засоленных земель на фоне вертикального дренажа в совхозе „Социализм“

Слой, см	Содержание от веса сухой почвы, %							
	сумма токсичных солей		NaCl		$CaSO_4$		$MgSO_4+Na_2SO_4$	
	до освоения 1963 г.	после освоения 1968 г.	до освоения 1963 г.	после освоения 1968 г.	до освоения 1963 г.	после освоения 1968 г.	до освоения 1963 г.	после освоения 1968 г.
0—40	0,600	0,312	0,171	0,041	0,781	0,846	0,429	0,141
40—100	0,409	0,186	0,265	0,039	0,776	0,948	0,144	0,146
100—150	0,464	0,189	0,132	0,040	0,671	0,901	0,332	0,149
150—200	0,274	0,178	0,137	0,40	0,435	0,569	0,247	0,138
200—250	0,243	0,153	0,061	0,043	0,183	0,484	0,182	0,110
250—300	0,264	0,226	0,069	0,054	0,237	0,176	0,195	0,172
300—350	0,265	0,264	0,060	0,058	0,271	0,234	0,205	0,211
0—350	0,374	0,216	0,127	0,045	0,473	0,594	0,247	0,152
	Удалено от исходного содержания, %							
0—40		48,2		76,0		—		45,0
40—100		51,0		85,0		—		—
100—150		59,0		70,0		—		54,0
150—200		52,0		70,5		—		44,0
200—250		38,0		29,0		—		43,0
250—300		15,0		23,0		27,0		11,6
300—350		2,7		27,0		14,0		—
0—350		65,0		66,0		—		38,5

При этом темп рассоления в вегетационный период зависел от нормы полива: содержание легкорастворимых солей после каждого полива уменьшалось, а в межполивной период в зависимости от его продолжительности и нормы водоподачи наблюдалась частичная реставрация солей. В конце вегетации отмечается рассоление как пахотного (0—20 см), так и метрового слоя почвы.

Коэффициент сезонной аккумуляции солей изменялся в зависимости от поливной и оросительной норм, а также от исходного засоления почв в пределах 0,77—0,97%. Вышеприведенные данные свидетельствуют о возможности постепенного рассоления сильнозасоленных трудномелиорируемых почв на фоне вертикального дренажа осенне-зимними профилактическими промывками.

3. Рассоление почв на землях пятнистого засоления на фоне вертикального дренажа

Натурные исследования ускоренного рассоления земель пятнистого засоления проводились в 1965—1967 гг. в условиях совхоза „Пахтаарал“ Пахтааральского района Чимкентской области, территория которого представлена двух- и многослойными отложениями, с поверхности суглинистыми грунтами мощностью 20—30 м ($K_ф$=0,11—0,15 м/сут), подстилаемыми хорошопроницаемыми водоносными пластами с коэффициентом проводимости k_2m_2 до 1250 м²/сут.

По сложности рассоления земель территория совхоза относится к средней категории сложности.

Водно-физические свойства метрового слоя характеризуются следующими величинами: объемная масса—1,5 г/см³; плотность—2,63—2,7 г/см³; пористость—40—45% массы сухой почвы; водопроницаемость почвенного покрова—0,3—0,8 м/сут, водоотдача—0,065—0,09, солеотдача α=0,75—1,32; коэффициент фильтрации $K_ф$=0,3—0,5 м/сут.

Грунтовые воды до орошения залегали на глубине 9,6 м, в процессе освоения земель произошел подъем их уровня, что повлекло за собой пятнистое засоление почвы. Вторичное засоление почвогрунтов отмечалось еще в 1934—1937 гг. до начала интенсивного освоения земель в соседних с совхозом «Пахтаарал» хозяйствах (Якубов, Корелис, 1971 г.). К 1966 г. пятнистым засоле-

нием были охвачены все земли совхоза, за исключением территории отделения им. Дзержинского, прилегающей к р. Сырдарье и дренируемой ею.

С целью мелиорации земель в 1962—1966 гг. была построена система вертикального дренажа из 74 скважин, равномерно расположенных на территории совхоза. Поскольку общая площадь, обслуживаемая системой, составляет 11 тыс. га, нагрузка на одну скважину равна в среднем 150 га. Система рассчитана на сброс откачиваемых вод за пределы совхоза в осенне-зимнее и весеннее время и на частичное использование их для орошения в вегетационный период. Проектные дебиты скважин —70—75, фактические —50—75 л/с при динамических понижениях 10—18 м, удельные дебиты —4,5—6,5 л/с. Общий объем откачек по проекту — 5,3, фактическая —3,5—4,3 м³/с. Продолжительность работы систем определена в девять-десять месяцев, дренажный модуль системы по проекту —0,22—0,26, фактический —0,12—0,15 л/с. га.

Следует отметить, что до ввода вертикального дренажа в эксплуатацию (1960—1964 гг.), но уже после начала возделывания хлопчатника и орошения уровень грунтовых вод залегал в январе — марте на глубине 0,5—1,0 м, в вегетационный период на глубине 1,8—2,1 м от поверхности. К концу осени за счет испарения и транспирации он понижался до 2,5—2,6 м.

Пьезометрический уровень подземных вод за исключением осеннего периода (сентябрь-ноябрь) устанавливался на 0,1—0,23 м выше уровня грунтовых вод. В связи с этим большую часть года наблюдались восходящие токи подземных вод в покровном суглинке (500—1000 м³/га), которые способствовали развитию процесса вторичного засоления почвы.

Интенсивность накопления солей в покровном суглинке только за счет подземного притока составляла 3—4 т/га. Водный баланс в этих условиях складывался

положительно — с преобладанием приходных статей над расходными, а солевой — по типу накопления солей в размере 4,5—7,0 т/га (табл. 28).

В 1967—1973 гг. система вертикального дренажа в совхозе «Пахтаарал» работала со среднегодовым коэффициентом полезного действия 0,65—0,73 при проектной величине 0,85. Общий объем откачиваемых подземных вод составлял лишь 73—85 против 130,4 млн. м³/год по проекту. Объем откачек при этом не превышал 3,2 в 1967 г. и 4,5 м³/с в 1973 г. против 6,0—6,5 тыс. м³/с по проекту. Следует подчеркнуть, что если до ввода вертикального дренажа на землях соседних хозяйств доля оттока грунтовых вод из покровного суглинка в каптируемый пласт составляла в совхозе 40—45%, то с повсеместным пуском скважин в эксплуатацию она повысилась до 75—80% общего объема откачек. Сокращение в этом случае доли внешнего притока подземных вод способствовало увеличению дренированности территории и дало возможность регулировать уровень грунтовых вод в широком диапазоне.

Достигнутый уровень объема откачек создал благоприятные условия для рассоления земель. Так, в 1965—1973 гг. в результате откачек из скважин вертикального дренажа на всей территории совхоза наблюдалось снижение уровня грунтовых и напорных подземных вод. Минимальное положение их уровня отмечено с декабря по март (1,47—1,87 м) и связано с повсеместным проведением промывных поливов и выпадением максимального количества атмосферных осадков.

В период вегетации уровень грунтовых вод залегал на глубине 2,3—3 м, а перед промывкой — на глубине 3,5—4,5 м против 1,8—2,1 и 2,5—2,8 м до откачек. Фактический среднегодовой разрыв между уровнями грунтовых и напорных вод составлял за 1965—1973 гг. 0,15—0,35 м, изменяясь в отдельные периоды года от 0,1—до 0,65 м. Под влиянием градиента напора пов-

28. Водно-солевой баланс покровного суглинка опытно-производственного участка (площадь 7500 га) вертикального дренажа в совхозе „Пахтаарал"

Условия дренированности	Год	Приходные статьи, м³/га				Расходные статьи, м³/га				Изменение запасов влаги, м³/га			Приток поверхн. или отток грунтовых вод, м³/га	Накопление (+), выпос (—) солей, т/га	
		атмосферные осадки	поливная и оросительная из каналов	итого		испарение и транспирация	отток с поливными водами	итого	в грунтовых водах	в зоне аэрации почвогрунтов				сухой остаток	хлор
Без дренажа	1961	2535	5540	8075	8118	137	8991	288	90	378	596	6,6	1,2
	1962	2481	6558	9094	9920	151	9071	576	—150	426	510	7,0	1,2
	1963	2595	6986	9581	9579	189	9768	128	180	308	496	7,0	1,2
	1964	3707	6163	9870	9785	210	9995	—48	60	12	137	4,1	0,6
При работе вертикального дренажа	1965	2113	8122	10235	8486	98	8584	—72	—80	—152	—1803	—6,8	—1,3
	1966	2540	7654	10185	7046	124	7170	—256	—210	—466	—3481	—18,7	—3,9
	1967	2621	7064	9685	6820	140	6960	—264	191	—73	—2798	—14,2	—2,6
	1968	3596	7055	10651	7457	365	7822	—56	—155	—211	—3011	—16,6	—3,1
	1969	5652	7253	12905	8394	765	9159	—88	—235	—323	—3423	—20,0	—3,6
	1971	2515	10872	13387	7503	1001	8506	—144	—271	—115	—5291	—15,35	—3,2
	1972	3542	10407	13949	8950	834	9784	+141	—518	—374	—4539	—18,5	—3,9
	1973	2127	10308	12435	7551	962	8513	—	—668	—668	—4590	—21,55	—4,0

семестно образовались нисходящие токи грунтовых вод из покровного суглинка в каптируемый пласт, средняя скорость которых составляла 2,5—3,5 м/сут.

К моменту ввода дренажа в эксплуатацию территория совхоза на 30—35% от общей площади была представлена средне- и сильнозасоленными землями, рассоление которых требовало отработки технологии проведения промывки. По опыту промывки земель в Голодной степи для рассоления 2,0—3,0-метровой толщи необходимо 15—25 тыс. м³/га воды, но чтобы подать такие нормы, понадобилось бы, во-первых, вывести земли из сельскохозяйственного оборота; во-вторых увеличить дренированность этих участков и пропускную способность оросительной сети. В этих условиях экономически выгодным вариантом опреснения земель являлось рассоление их путем осенне-зимних промывок меньшей нормой в течение ряда лет и создание условий для предотвращения сезонной реставрации засоления.

Для выявления наиболее оптимальных норм осенне-зимних рассоляющих поливов проводились опытно-производственные исследования по промывкам земель. В 1964 г. были выбраны два ключевых участка средней и сильной засоленности площадью 214 и 93 га, где изучались пять вариантов опыта рассоления земель с различной нормой промывок. Результаты исследований показали, что главным условием получения высокой эффективности от промывок является создание нормальной дренированности как во время их проведения, так и после, то есть в период сработки промывных вод и растворенных в них солей. Так, например, промывка одинаковой нормой —5,6 и 6,0 тыс. м³/га — дала совершенно различные результаты в зависимости от дренированности и сработки уровня грунтовых вод после промывки.

В первом случае при дренажном модуле 0,21 л/с·га в процессе проведения промывки (октябрь-ноябрь) и

0,14 л/с·га после ее завершения было получено хорошее рассоление. Содержание солей в пахотном и подпахотном слоях почвы уменьшилось до 0,450% по плотному остатку и до 0,025% по иону хлора при исходном содержании соответственно 0,941 и 0,086%. При этом глубина опреснения почв по некоторым выработкам достигала до 1,0—1,2 м. Во втором случае при дренажном модуле соответственно вышеуказанным срокам 0,09 и 0,04 л/с·га эффекта почти не получено. Содержание солей в указанных слоях уменьшилось только на 15%, или до 0,854% по плотному остатку, и до 0,062% по иону хлора при исходном их содержании соответственно 0,899 и 0,078%.

Наилучшее опреснение земель было получено на втором участке при промывке нормой 7,6 тыс. м³/га (нетто) и дренажном модуле 0,32 и 0,21 л/с·га за период октябрь — декабрь и январь — апрель. Здесь наблюдалось наиболее глубокое опреснение почвогрунтов, а в пахотном слое содержание солей было доведено до кондиции. Запасы солей в верхнем 1,5-метровом слое почвогрунтов снизились до 0,460% и 0,030% при их содержании 0,801% сухого остатка и 0,076% хлора. Затраты воды на вынос 1 т солей из 1,5-метрового слоя почвогрунтов при нормальной дренированности составили от 80—100 м³ при исходном содержании солей 1,0—1,5% до 150—200 м³ при 0,6—0,8% солей.

Промывки средне- и сильнозасоленных земель нормой 2,8—3,0 тыс. м³/га дали слабый эффект. При этом в пахотном слое почвы остаточное засоление намного превышало пределы солеустойчивости растений. В 1966—1968 гг. на площади 214 га проводились повторные осенне-зимние промывки нормой 4,5—6,0 тыс. м³/га и вегетационные поливы хлопчатника нормой 3,0—3,2 тыс. м³/га. В связи с этим площадь незасоленных земель в 1969 г. достигла 180,9 га, тогда как в начальный период она составляла 50,5 га. Сильнозасоленные земли и солончаки (площадь — 97,6 га) также были ликвидированы полностью (табл. 29).

На этих землях в зоне аэрации запасы солей снизились до 144,0 т/га, против 218,0 до промывок, то есть было вынесено 57% солей, подлежащих удалению. Вынос солей из верхнего метрового слоя достигал 64,0%.

29. Динамика площадей с различным засолением почв
(*К*—20—33, *m*—214 га)

Степень засоления	Год					
	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Незасоленные и слабозасоленные	50,5 / 23,5	71,0 / 33,0	139,9 / 65,4	155,3 / 72,5	174,5 / 81,5	180,9 / 84,5
Среднезасоленные	65,9 / 30,7	73 / 34,0	51,1 / 23,9	58,7 / 27,5	39,5 / 18,5	33,1 / 15,5
Сильнозасоленные	78,7 / 35,8	71,0 / 33	23,0 / 10,7			
Солончаки	18,9 / 9					

Аналогичные результаты были получены и на втором ключевом участке, где в 1966—1968 гг. проводился тот же комплекс мероприятий. Здесь площадь незасоленных и слабозасоленных земель увеличилась с 31,4 до 83,6%. Полученные результаты рассоления земель на этих участках подтвердились ростом урожайности хлопчатника.

На первом участке она составила в среднем за 1967—1969 гг. 28,8 ц/га, тогда как до этого была 14,0 ц/га. На втором участке она выросла до 30,8 ц/га против 18,0 до строительства скважин.

Наиболее оптимальными промывными нормами для средне- и сильнозасоленных земель, позволяющими по-

лучать высокие урожаи с первого года после промывки, а также способствующими предотвращению реставрации засоления, являются водоподачи порядка 5,0—7,0 тыс. м³/га. Для слабозасоленных земель достаточны промывные нормы 2,5—3,0 тыс. м³/га.

Полученные материалы показывают, что при таких промывных нормах смещение солей по профилю почвогрунтов невелико. В первые годы резко увеличивается минерализация верхнего слоя грунтовых вод. Поэтому, учитывая и высокие капиллярные свойства грунтов совхоза «Пахтаарал», особое значение приобретает предотвращение реставрации засоления за вегетационный период.

Проведенные опыты показали, что оросительные нормы 1,9—2,4 тыс. м³/га (обычно три полива дождеванием, практиковавшиеся в последние годы) при глубине залегания уровня грунтовых вод 1,5—2,0 м не обеспечивают указанного условия. Только при норме 3,2—3,5 тыс. м³/га и поддержании уровня грунтовых вод в пределах 2,5—3,0 м достигалось почти полное предотвращение реставрации засоления земель.

Следовательно, для предотвращения реставрации засоления почвогрунтов в мелиоративный период работы дренажа необходимо увеличить нормы вегетационных поливов и поддерживать грунтовые воды в более глубоких горизонтах с тем, чтобы уменьшить их физическое испарение. В связи с этим, начиная с 1967—1969 гг., полуавтоморфный мелиоративный режим поддерживался по всей территории совхоза. Осенне-зимним промывкам подвергалась вся площадь, отведенная под хлопчатник и другие яровые культуры. Промывались также поля, занятые многолетними травами. Нормы промывок площадей под хлопчатником дифференцировали в зависимости от степени засоления почвогрунтов: на сильнозасоленные участки вода подавалась нормой 4,0—5,5, а на слабо- и среднезасоленные —2,5—3,5 тыс.

м³/га. За вегетационный период проводились три полива хлопчатника: первый нормой до 1,5 тыс. м³/га производился по бороздам, остальные два — нормой 0,75—0,8 тыс. м³/га — дождевальными установками. На сильнозасоленных участках все поливы проводили по бороздам. Оросительная норма составляла 4 тыс. м³/га (нетто).

Остальные культуры поливали напуском нормой за сезон до 5,5 тыс. м³/га.

В связи с реализацией этих мероприятий общий водно-солевой баланс покровного суглинка на фоне вертикального дренажа сложился отрицательным. Среднегодовой отток грунтовых вод из покровного мелкозема за 1965—1973 гг. колебался в пределах 1800—5400 м³/га (до ввода дренажа в эксплуатацию имел место подземный приток в объеме 500—600 м³/га). При этом 75% суммы приходных статей водного баланса для толщи покровного суглинка приходилось на долю водоподачи (включая фильтрационные потери из оросительных каналов) и 25% — на долю атмосферных осадков. Следует отметить, что с вводом в эксплуатацию вертикального дренажа наблюдалось увеличение водоподачи на 1,0—3,5 тыс. м³/га в основном за счет воды, подаваемой на осенне-зимние промывки.

В расходной части водного баланса суммарное испарение составляло в 1968—1973 гг. 6,8—8,9 тыс. м³/га —55% против 82% в 1965 г., а отток по открытой дренажной сети был всего 0,95%.

Солевой баланс на территории совхоза слагался по типу необратимого рассоления почвогрунтов. Ежегодно выносилось 15—22 т/га солей (в том числе 2,5—4,0 т/га хлора) при прогнозном темпе рассоления 26—29 т/га, то есть фактическая величина выноса солей оказалась в 1,5 раза меньше проектной. Тем не менее вынос запасов солей из зоны аэрации обеспечил резкое сокращение срока рассоления почвогрунтов до уровня

грунтовых вод. Общий вынос солей из этой зоны на опытных участках, где объем инфильтрации оросительных вод достигал 3,5—4,0 тыс. м³/га, изменялся в зависимости от режима орошения и норм промывок в пределах 25—37 т/га. При таком темпе рассоления уже к 1968—1969 гг. было полностью ликвидировано пятнистое засоление земель и выравнен мелиоративный фон по всем отделениям совхоза. В результате за два-три года была рассолена двухметровая толща, местами этот процесс доходил до уровня грунтовых вод.

В процессе проведения эксплуатационных промывок в течение 1965—1973 гг. наблюдалось постепенное снижение минерализации грунтовых вод, в первую очередь, на средне- и сильнозасоленных землях (минерализация здесь снизилась с 10—15 до 3—5 г/л). К 1969—1972 гг. минерализация повсеместно стабилизировалась на уровне 3—5 г/л. В связи с тем, что величина суммарного испарения в вегетационный период превышала оросительную норму, на отдельных участках к осени наблюдалась некоторая реставрация засоления. Однако в годовом разрезе протекал необратимый процесс рассоления земель, обусловленный превышением водоподачи за год над суммарным испарением на 20—30%.

Для определения степени рассоления почвогрунтов как по поверхности, так и на глубине осенью 1972 г. была проведена солевая съемка на всей орошаемой территории совхоза. Результаты сопоставлялись с данными солевой съемки, проведенной по этим же точкам Институтом почвоведения АН КазССР в 1959—1960 гг. (Якубов Х., 1976). Анализ показал, что за истекшее время произошло существенное изменение запасов солей в почвогрунтах. Так, только по 28 скважинам из 237 пробуренных содержание солей в слое 0—1 м превышало 0,5%, по остальным оно колебалось в пределах 0,14—0,29% по плотному остатку и 0,01—0,02% массы сухой почвы по хлор-иону.

Опреснением были охвачены и нижележащие слои почвогрунтов. В толще 1—2 м (за исключением незначительной площади отделения им. Ильича) содержание солей составляло 0,15—0,30%, хлор-иона — 0,01—0,02%. В слое 2—3 м содержание солей выше 0,3% наблюдалось только на отдельных небольших участках отделения «40 лет КазССР».

Средние запасы солей в толще почвогрунта 0—1, 1—2 и 2—3 м в среднем по совхозу составляли соответственно 35,4; 38,2; 36,2 т/га по плотному остатку и 2,8; 2,6; 2,9 т/га — по хлор-иону, что ниже допустимых пределов токсичности.

Анализ динамики солевого режима почвогрунтов совхоза за 1969—1972 гг. по осредненным 160 выработок показал, что при осуществлении комплекса агромелиоративных мероприятий (главным образом эксплуатационных промывок) на фоне вертикального дренажа было достигнуто повсеместное устойчивое рассоление орошаемых земель. В слое почвогрунтов 0—1 и 1—2 м общее содержание солей снизилось соответственно с 0,502 до 0,243 и с 0,426 до 0,278%, в том числе хлор-иона — с 0,40 до 0,018 и с 0,034 до 0,019% массы сухой почвы. Из двухметровой толщи, таким образом, было удалено 39,1% плотного остатка и 46,6% хлор-иона от исходного их содержания.

В результате площадь незасоленных земель в совхозе возросла с 7938 в 1959 г. до 12760 га, площадь слабозасоленных земель уменьшилась за это же время на 1106 га, среднезасоленных — на 302 га, а сильнозасоленных земель не было обнаружено. В четырех отделениях, где вертикальный дренаж действовал с 1966 г., отмечено полное отсутствие пятнистого засоления, а площадь незасоленных и слабозасоленных земель возросла за это время на 2 тыс. га.

Именно улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель в совхозе обусловило резкое повыше-

ние урожаев хлопка, поскольку и до ввода вертикального дренажа в эксплуатацию агротехника возделывания сельскохозяйственных культур была достаточно высокой. Наличие вертикального дренажа способствовало улучшению не только солевого, но и водно-воздушного и теплового режимов почв. В результате среднемноголетний рост урожаев хлопка на землях верхних отделений совхоза «Пахтаарал» после ввода в эксплуатацию системы скважин вертикального дренажа составил 2,9 ц/га, по отделениям его рост был следующим, ц/га:

Отделение	Урожай до ввода скважин	Урожай после ввода скважин	Прирост
Им. Октябрьской революции	27,18	30,5	3,32
Им. Ильича	24,68	29,22	4,54
„Первомайское"	25,50	29,68	4,48
Им. XXII партсъезда	25,68	27,29	1,61
Им. Коминтерна	30,28	30,94	0,66
В среднем	26,6	29,5	2,9

4. Опыт рассоления земель в условиях напорного питания грунтовых вод

Исследования формирования водно-солевого режима почв проводились на двух участках. Первый, построенный в 1959—1961 гг. на землях отделений «Хакикат» совхоза «Бешарык» и «Наука» совхоза им. Кирова Кировского района Ферганской области, состоит из 7 скважин глубиной 22,7—60,7 м, расположенных на площади 678 га. Здесь до строительства СВД работала открытая КДС протяженностью 40 м/га, глубиной 1,5—3,5 м (в том числе 17 м/га составляли внутрихозяйственные дрены глубиной 1,5—2,0 м), которая не обеспечивала оптимальных условий для регулирования водно-солевого режима почв (Усманов А., Якубов Х.).

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

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

По сложности рассоления земель территории этих участков относятся к сравнительно простым условиям, хотя они расположены в зоне усиленного подземного притока.

Литологическое строение опытных участков, характерное для земель Западной Ферганы, представлено сверху пересланивающимися суглинками, супесями и песком, которые с глубины 6—12 м подстилаются гравийно-галечниковыми отложениями с примесью песков мощностью 14—33 м, разделяемыми небольшими по мощности линзами суглинков и супесей. Здесь отмечается наличие напорных подземных вод.

Коэффициент фильтрации покровного мелкозема, рассчитанный по натурным наблюдениям, составляет 0,50, а грунтов зоны аэрации —0,22—1,08 м/сут. Коэффициент фильтрации водоносного комплекса, представленного хорошопроницаемыми отложениями, изменяется от 12,5 до 22,4 м/сут на первом участке и 13—18,5 м/сут на втором, коэффициент проводимости равен 350—700 м²/сут.

Покровный мелкозем обладает небольшим гидравлическим сопротивлением ($\Phi \leqslant 20$ сут.), а грунтовые воды имеют высокую гидравлическую связь с нижележащим водоносным комплексом. Интенсивность перетекания грунтовых вод $W = 0{,}04—0{,}05$ м/сут.

Согласно типизации почв по дренированности, почвы ОПУ относятся к хорошодренированным, где они представлены слоистыми грунтами легкого механичес-

кого состава: супесь, легкие суглинки, редко чередующиеся со средним суглинистым отложением. Осредненный по вертикали $K_ф$ грунтов зоны аэрации изменяется в пределах 0,22—1,08 м/сут.

Параметры и эффективность систем вертикального дренажа совхоза «Бешарык» были следующие:

	I участок	II участок
Общая площадь, га	678	565
Количество скважин, шт.	7	5
Мощность покровного мелкозема, м	8—16	6—18
Мощность водоносного пласта, м	15—26	14—33
Глубина скважин, м	22,7—60—74	32,5—48,0
Результаты исследований:		
дебит скважин, л/с	10—40	15—40
радиус действия, м	400—700	300—600
коэффициент работы систем (КРС)	0,03—0,64	0,41—0,64
дренажный модуль, л/с. га	0,14—0,25	0,16—0,24
в том числе по СВД:	0,09—0,13	0,12—0,16
Диапазон регулирования УГВ, м	1,83—3,56	1,80—2,77
Разность между УГВ и напором подземных вод, м	0,1—0,7	0,1—0,4
Скорость снижения грунтовых вод:		
в бытовых условиях, м/сут	0,013	0,015
под влиянием откачек, м/сут	0,015—0,18	0,15—0,22
Скорость снижения напора:		
в естественных условиях, м/сут	0,015	0,018
под влиянием откачек, м/сут	0,10—0,6	0,1—0,45
Площадь земель с минерализацией грунтовых вод 3 г/л и более, %:		
в бытовых условиях: 1970 г.	78,7	32,7
1980 г.	29,0	18,5
Урожайность хлопчатника, ц/га:		
в бытовых условиях: 1970 г.	28	24
1975 г.	35	35
1980 г.	38	38
Водоподача, тыс. м³/га в год:		
1970 г.	8,1	8,0
1975 г.	7,5	7,8
Расход воды на 1 т хлопка-сырца, м³/га:		
1970 г.	2654	2877
1975 г.	2159	2220

Средневзвешенная величина предельной полевой влагоемкости (ППВ) трехметрового слоя почвогрунтов равна 22,7% от массы почвы на первом участке и 22,8% — на втором. Водоотдача соответственно по участкам составляет 0,11 и 0,19; плотность грунта —1,56 и 1,43 т/м³, пористость —0,43 и 0,48.

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

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

близким залеганием минерализованных грунтовых вод и высоким напором подземных. Площадь земель с глубиной грунтовых вод до 1,5 м составила 68% на первом участке и 48% — на втором. Пьезометрический напор в течение года превышал уровень грунтовых вод на 0,2—0,6 на первом участке и на 0,1—1,0 м — на втором. Площадь земель с минерализацией грунтовых вод 3 г/л и более составляла 78,7 и 32,7% соответственно. Ежегодный приток подземных вод в покровные отложения из каптируемых пластов изменялся в пределах 3,0—3,5 на первом участке и до 4,0—4,6 тыс. м³/га в год на втором;

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

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

нажный модуль изменялся в пределах 0,14—0,25 на первом участке и 0,16—0,24 л/с·га — на втором.

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

Здесь вопросы рассоления земель решались путем проведения промывного режима орошения в основном за счет влагозарядковых и вегетационных поливов. Эксплуатационные промывки проводились только в первые годы освоения солончаков и сильнозасоленных земель. Нормы промывки достигали до 3,0 тыс. м³/га. Влагозарядковые поливы проводились весной нормой 1,2—1,5 тыс. м³/га, а в вегетационный период на поля подавались три-четыре полива нормой 1,2—1,6 тыс. м³/га. Общая оросительная норма колебалась в пределах 7,5—8,0 тыс. м³/га.

В условиях интенсивного подземного притока со стороны основным условием мелиорации земель является снятие напора подземных вод и создание на орошаемых землях нисходящих фильтрационных токов грунтовых вод в каптируемый скважинами водоносный пласт.

В процессе работы скважин напор подземных вод повсеместно залегал на 0,1—0,7 м ниже уровня грунтовых вод на первом и на втором участках —0,1—0,4 м, что указывает на наличие нисходящих токов грунтовых вод. При этом грунтовые воды колебались в пределах 1,8—3,56 м (в вегетационный период —1,8—2,66) на первом участке и 1,8—2,77 м (в вегетационный период —1,8—2,16) — на втором участке. На этом фоне оросительные мероприятия, основанные на проведении промывного режима орошения за счет влагозарядкового и вегетационных поливов, дали высокий рассоляющий эффект.

В процессе эксплуатации СВД на засоленных землях наблюдалось необратимое рассоление почвогрунтов зоны аэрации и опреснение грунтовых вод. За период с 1970 по 1975 гг. содержание легкорастворимых солей в почвогрунтах зоны аэрации доведено до 0,6—0,7% по плотному остатку и 0,01—0,015% по иону хлора, то есть ниже порога токсичности солей хлоридно-сульфатного и сульфатного типов засоления (рис. 14).

В период с 1975 по 1980 г. содержание солей в зоне аэрации осталось на уровне достигнутого рассоления. Отмечено увеличение площади незасоленных и слабозасоленных почв. Так, если на первом участке площадь

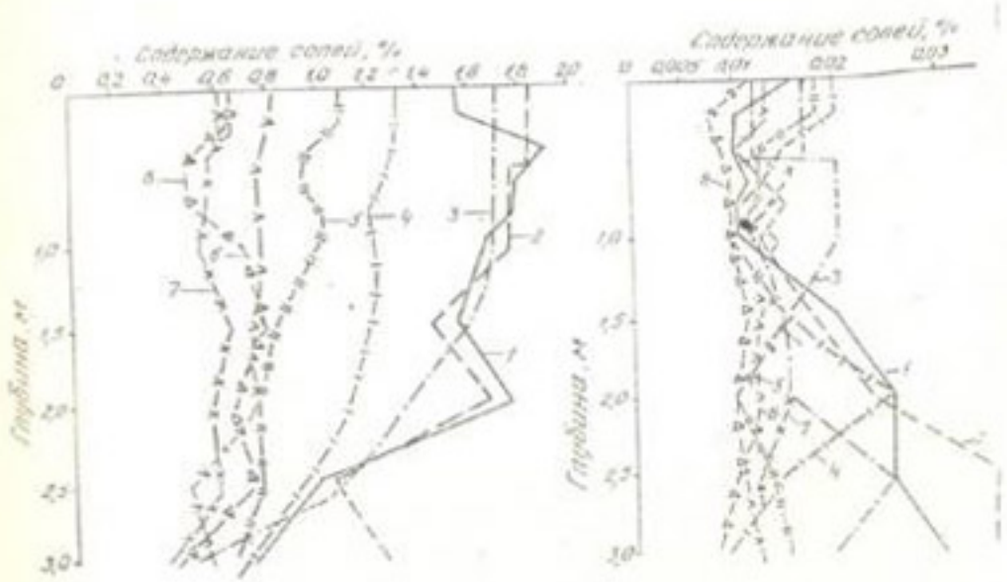

Рис. 14 Динамика рассоления почвогрунтов под влиянием вегетационных поливов и эксплуатационных промывок на фоне вертикального дренажа на опытно-производственном участке № 1:

1 — весна 1970 г.; 2 — осень 1970 г.; 3 — осень 1971 г.; 4 — осень 1972 г.; 5 — осень 1973 г.; 6 — осень 1974 г.; 7 — осень 1975 г.; 8 — осень 1980 г.

незасоленных земель в 1970 г. составила 138 га (20,4% от общей площади участка), то в 1975 г. она достигла 351 га (51,7%), а в 1980 г.—386 га (57%). Соответственно площадь среднезасоленных почв уменьшилась с 250 до 30,4 га (4,5%).

Земли второго участка в исходном состоянии были в основном незасоленными (89,5%), остальная площадь представлена слабо- и среднезасоленными почвогрунтами. В период исследований площадь незасоленных земель возросла до 98,7%.

За этот же период на участках сократилась площадь с высокой минерализацией грунтовых вод (7—10 г/л) до 29 и 18,5% против 78,7 и 32,7% в исходном состоянии. В конце по всей площади стабилизировалась минерализация грунтовых вод на уровне 2—3 и редко 4 г/л.

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

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

В то же время снижение содержания солей ниже 0,8—1,0% по плотному остатку способствует уменьшению значения суммы нетоксичных солей с 60 до 45%,

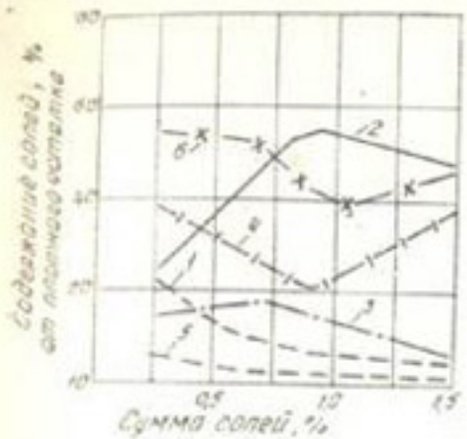

Рис. 15 Изменение состава солей при различных степенях рассоления почв:

1 — $Ca(HCO_3)_2$; 2 — $CaSO_4$; 3 — $MgSO_4$; 4 — Na_2SO_4; 5 — NaCl; 6 — сумма токсичных солей

тогда наблюдается ухудшение качественного состава гипотетических солей, сопровождаемое обеднением почв гипсом и другими кальциевыми соединениями, что создает условия для возникновения процесса осолонцевания (рис. 15).

Аналогичная картина изменения качественного состава солей наблюдается по отдельным ионам (рис. 16).

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

Достоверность данных рассолительного эффекта промывок на фоне СВД, полученных по солевым съемкам, подтверждается результатами балансовых исследований. На участках в процессе эксплуатации водный баланс складывался отрицательным. Так, на первом участке из общего водопоступления на территорию в 1970, 1972 и 1975 гг. в размере 15145 ($O_р$=9670, A=751, $П$=4724), 15400 ($O_р$=9488, A=1608, $П$=4305) и 14702 ($O_р$=9132, A=463, $П$=5107) отток по КДС составил соответственно по годам 8,0; 6,4 и 5,5 тыс. м³/га (табл. 30).

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

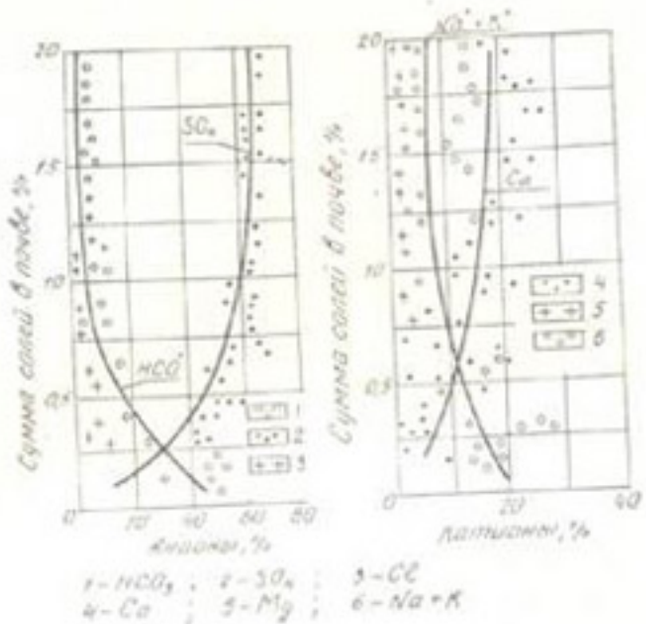

Рис. 16 Зависимость содержания относительных величин отдельных анионов и катионов в почве:

1 — HCO_3; 2 — SO_4; 3 — Cl; 4 — Ca; 5 — Mg; 6 — Na+K

Более интенсивный процесс рассоления наблюдался в зоне аэрации. Здесь вынос солей на первом участке варьировал в зависимости от рассоляющего расхода (±q) от 23,56 т/га (в 1970) и 34,25 (1972) до 2,37 т/га в 1975 г. На втором участке отмечался более слабый темп выноса солей из зоны аэрации —1,26—11,4 т/га. Величина рассоляющего расхода колебалась в пределах 358—2959 м³/га на первом участке и 566 до 2044 м³/га на втором. В то же время по мере рассоления зоны аэрации наблюдалось снижение значения рассоляющего расхода, что достигнуто путем регулирования водоподачи на поля.

30. Общий водно-солевой баланс опытно-производственного участка совхоза „Бешарык" Кировского района Ферганской области

Показатель	Год					
	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Водный баланс орошаемых земель, м³/га						
Приход:						
атмосферные осадки	751	508	1608	862	1259	463
водоподача с учетом фильтрационных вод	9670	9538	9488	9716	8986	9132
приток подземных вод	4724	6855	4304	2698	4753	5107
Итого	15145	16901	15400	13276	14998	14702
Расход:						
эвапотранспирация	7181	7357	7081	7592	7714	7745
отвод по коллекторам грунтовых и сбросных вод	8000	5833	6390	4504	5719	5498
подземных отток грунтовых вод	1328	2013	2244	724	1301	1271
Итого	16509	15203	15715	12820	14734	14514
Баланс:						
изменение запасов грунтовых вод	—1364	1698	—315	456	264	188
Солевой баланс, т/га						
Поступление:						
оросительными водами	4,84	4,77	7,74	4,86	4,49	4,57
подземным притоком	3,31	4,46	3,02	1,75	3,09	3,7
Итого	8,15	9,23	7,76	6,61	7,58	8,14
Вынос солей:						
по открытой КДС	20,61	15,05	16,50	11,62	14,76	14,20
оттоком грунтовых вод из расчетного слоя	0,86	1,31	1,46	0,47	0,85	0,83
Итого	21,47	16,36	17,96	12,09	15,61	15,03
Баланс солей, т/га	—13,32	—7,13	—10,26	—5,48	—8,03	—6,89

Реализация указанных оросительно-рассолительных мероприятий на фоне вертикального дренажа позволила повысить урожайность сельхозкультур и снизить водопотребление на выращивание единицы продукции. Так, урожайность хлопчатника к 1975 г. достигла 35, а к 1980 г.—38 ц/га на первом участке и 38,5 ц/га на втором. За десять лет прирост урожайности хлопчатника составил 12 ц/га на первом участке и 14,5 ц/га на втором. При этом снизились расходы воды на выращивание единицы продукции на 500 и 650 м³/т соответственно по участкам, то есть удельные расходы воды на единицу продукции на первом участке составили в 1975 г. 2159 м³/т против 2654 в 1970 году; на втором соответственно 2220 м³/т против 2877.

5. Рассоление почв в условиях безнапорного питания грунтовых вод

Одним из перспективных районов развития вертикального дренажа являются низовья реки Зарафшан, где по состоянию на 1 января 1983 г. были построены и эксплуатировались более 350 скважин, которые мелиорировали около 30 тыс. га земель. В перспективе здесь на площади 150—160 тыс. га будет построен вертикальный дренаж. Рассолительный эффект вертикального дренажа при безнапорном питании апробировался в совхозах «Каган», «Бухара» и в колхозе «Коммунизм» (Каганский район, Бухарская область) с 1968 по 1971 гг. Объекты исследований по сложности рассоления земель относятся к простой категории. Они расположены на второй надпойменной террасе реки Зарафшан. Почвы опытных участков сложены отложениями четвертичного периода и представлены с поверхности переслаивающимися суглинками, супесями и песками, в нижних горизонтах мощность покровного мелкозема изменяется в пределах 8—12 м; коэффициент фильтрации суглинистых отложений от 0,2—0,5, а супесей и песков —0,5—4,0 м/сут. Коэффициент сопротивления грунтов (Φ) покровного отложения не превышает 20 сут.

Покровные мелкоземы подстилаются гравийно-галечниковыми отложениями мощностью 5—12 м с коэффициентом фильтрации 35—40 м/сут (Кадыров Х., Герасимов Р., 1974, 1975).

Грунтовые воды обладают высокой гидравлической связью с подземными водами, интенсивность перетекания превышает 0,05—0,75 м/сут. Почвы опытных участков относятся к высокодренированным типам, где верхний суглинистый почвенный покров подстилается супесями, суглинками и песками. Почвенный покров представлен лугово-сероземными и луговыми разностями с высокой водо- и солеотдачей ($\mu = 0{,}08—0{,}1$; $\alpha = 1{,}5—1{,}75$).

По характеру засоления почвы относятся к хлоридно-сульфатному типу, а по степени — к слабо-, средне- и сильнозасоленным землям. Основное содержание солей сосредоточено в верхнем метровом слое почв. Засоление носит поверхностный характер, что присуще территориям с близким залеганием грунтовых вод (1,5—2,4 м) со слабодренированным покровным отложением, формируемым за счет недостаточного регионального подземного оттока.

Содержание солей на большей части территории изменяется в пределах 0,5—1,0%. При этом отмечается сезонная динамичность солевого режима, требующего проведения эксплуатационных промывок 70—80% орошаемых земель.

Грунтовые воды в мелкоземах имеют минерализацию 3—5, 5—10, редко до 25—40 г/л, а в каптируемых пластах они слабоминерализованные — 0,5—2,0 г/л.

До 1960 г. мелиоративное состояние этих земель было крайне неудовлетворительным, что обусловливалось:

слабой естественной и искусственной дренированностью покровных отложений. Последняя не превышала 0,012 л/с при протяженности КДС до 5 м/га;

устойчивым близким залеганием минерализованных грунтовых вод, что было причиной постоянной реставрации засоления почв при резком преобладании испарения над подземным оттоком. Суммарное испарение в расходной части водного баланса достигало 78—80% от водопоступления на территорию;

недостаточной водообеспеченностью орошаемых земель в маловодные годы и переувлажнением в многоводные.

В этих условиях для улучшения мелиоративного состояния земель Каганского района в 1960—1971 гг. были построены и введены в эксплуатацию 96 скважин вертикального дренажа.

Анализ исследований за 1960—1962 гг. и 1969—1971 гг. выявил улучшение плодородия почв, выраженное в формировании необратимого солевого баланса орошаемых земель.

Так, пуском Амубухарского канала в эксплуатацию подача воды на территорию хозяйств увеличилась почти в два раза при одновременном сокращении потерь на фильтрацию с 3495 до 1590 м³/га. Сокращение потерь воды на фильтрацию получено за счет реконструкции оросительной сети. В результате строительства скважин вертикального дренажа резко возросла дренированность земель при несущественном изменении протяженности КДС, составившей на 1971 г. всего 7 м/га. За счет строительства СВД дренированность составила 6085 и 5237 м³/га за 1969—1970 и 1970—1971 гидрологические годы. За эти годы дренажным стоком вынесено солей соответственно 18,08 и 14,55 т/га, из них всего 5 т/га приходилось на открытую КДС. С учетом подземного стока вынос солей составил 23,1 и 19,6 т/га (табл. 31).

31. Водно-солевой баланс активной толщи водообмена (совхоз «Бухара»)

Статья баланса	Вода, м³/га		Соли, т/га	
	1969—1970 гг.	1970—1971 гг.	1969—1970 гг.	1970—1971 гг.
Приход:				
атмосферные осадки	1,226	1,328	—	—
фильтрация из каналов	1,588	1,665	7,368	6,292
водоподача	9,366	8,295		
подземный приток	2,561	3,307	6,397	5,711
Итого	14,714	14,595	13,765	12,003
Расход:				
суммарное испарение	7,637	8,049	—	—
отток по вертикальному и горизонтальному дренажу	6,085	5,237	18,082	14,544
подземный отток	2,604	1,421	4,984	5,081
Итого	16,326	14,779	23,066	19,635
Разность	—1,612	—184	—9,301	—7,632

Интенсивная откачка подземных вод при КПРС вертикального дренажа 0,55—0,6 позволила создать повсеместные нисходящие фильтрационные токи грунтовых вод из покровного мелкозема в каптируемый пласт со скоростью до 0,1—0,15 м/сут; регулировать уровень грунтовых вод в широких диапазонах — весной в пределах 1,5—2,0 м; в вегетационный период —2,5—2,8 м; а осенью перед промывкой ниже 3,5 м. Стало возможно предотвратить реставрацию засоления как в вегетационный период, так и в разрезе года снижением расходования грунтовых вод на испарение; проводить эксплуатационную промывку дифференцированно в зависимости от степени засоления почв: на среднезасоленных — нормой 3—4 тыс. м³/га, на сильнозасоленных—4—6,5 и на солончаках —6,5—7,5 тыс. м³/га. Средняя

по площади хозяйств промывная норма составляла 2,5—3,0 тыс. м³/га. Откачка позволила проводить полив сельхозкультур оперативно. За вегетацию давалось четыре полива нормой от 1,1 до 1,5 тыс. м³/га. Оросительная норма варьировала в пределах 6,2—6,8 тыс. м³/га.

Таким образом, рассоление почв на староорошаемых землях и освоение сильнозасоленных внутриоазисных перелогов в Каганском районе также базировались на промывном режиме орошения при соотношениях:

$$\frac{\sum B}{\sum И + Т} = 1{,}2 - 1{,}35. \qquad (4.6)$$

Натурные исследования изменения содержания солей в почвогрунтах и грунтовых водах показали, что в слое 0—0,2 м содержание солей в исходном состоянии превышало допустимую норму и изменялось в пределах от 8 до 40 т/га (в среднем 22,6), а в слое 0—1,0 м — от 30,5 до 89,4 т/га (в среднем 69,7). В дальнейшем после проведения эксплуатационных промывок оно колебалось от 8 до 15,7 т/га в слое 0—0,2 м и от 28,6 до 47,7 т/га в слое 0—1 м. В целом за четыре года в 0—3 м толще запасы солей уменьшились в 3 раза — с 191,7 они были доведены до 67,2 т/га (табл. 32).

На орошаемых землях процесс движения солей стал более динамичным, чем на неорошаемых, в последних общее содержание солей в 2—5 раз больше. Минерализация грунтовых вод на интенсивно орошаемых землях составила 1,2—3 г/л, на подверженных засолению — 3,5—7 г/л, на солончаках — 5—10 г/л и более. Минерализация подземных вод в галечниках колебалась от 0,8—1,2 до 2,5—3,0 г/л и реже от 3 до 5 г/л. Минерализация откачиваемых вод увеличилась в 2,4 раза. На засоленных землях после пуска скважин в эксплуатацию минерализация откачиваемых вод была равна 0,8—3,6 г/л, она уменьшилась в 1,3—1,8 раза

32. Динамика запасов солей на опытном участке совхоза „Бухара"

Год	Месяц	Запасы солей по горизонтам, т/га				
		0—0,2 м	0—1 м	1—2 м	2—3 м	0—3 м
1968	X	22,6	69,7	70,5	51,7	191,7
1969	V	10,8	39,8	39,8	33,7	125,7
	X	13,9	45,1	35,7	27,8	108,6
1970	X	14,6	36,4	23,9	32,2	92,5
1971	I	11,5	55,6	53,3	24,0	132,9
	II	8,6	28,6	22,6	54,4	105,6
	III	9,5	40,1	22,2	17,3	79,6
	IV	15,7	77,7	48,7	43,6	140,0
	VI	11,2	44,7	43,4	39,9	128,0
	VII	12,4	32,6	27,8	11,1	71,5
	IX	16,3	46,1	40,0	15,8	101,9
	X	8,0	29,0	22,4	15,8	67,2

на землях, где в первый момент откачивались сильноминерализованные воды (7—10 г/л и более).

Площадь незасоленных и слабозасоленных земель постоянно увеличивалась. Так, к 1971 г. площадь этих почв возросла в 3 раза при одновременном уменьшении среднезасоленных земель в 10 раз по отношению к 1960 г., когда на территории хозяйств не было скважин вертикального дренажа.

Все это способствовало улучшению качества земель и росту урожайности сельскохозяйственных культур.

В 1969—1975 гг. урожайность хлопчатника в Бухарском оазисе, в Каганском районе в частности, поднялась на 1,9—2,7 ц/га, но на землях, где построен и эксплуатировался вертикальный дренаж, прирост был значительно выше. Так, если средняя урожайность хлопчатника в совхозе «Каган» за 1959—1965 гг. составляла 12,9 ц/га, то за 1966—1971 гг. она поднялась до 18,5 ц/га, прирост урожайности достиг 5,6 ц/га. В колхозе «Коммунизм», где агротехника была на более высоком уровне, урожайность за эти же годы состав-

ляла соответственно 13,7 и 21,1 ц/га. В отдельных районах, таких как Вабкентский и Каганский, где работают скважины вертикального дренажа, средняя урожайность за 1968—1978 гг. достигла 27,4—32,1 ц/га.

6. Эффективность эксплуатационных промывок в низовьях Амударьи

Изучение эффективности эксплуатационных промывок на фоне горизонтального дренажа проводили на территории Чимбайского района ККАССР (Рамазанов А., Калимбетов К., 1975). Опытные участки площадью 1,6—2 га расположены в зоне влияния существующей коллекторно-дренажной сети на луговых староорошаемых среднесуглинистых почвах. В исходном состоянии почвы опытных участков относились к слабо- и среднезасоленным с содержанием хлор-иона в верхней метровой толще 0,04—0,07% от массы почвы. Объемная масса почвы варьирует в пределах 1,3—1,48 г/см³, удельная —2,59—2,70 г/см³.

В опытах изучали влияние сроков и норм промывки на интенсивность рассоления почвы. Промывку проводили затоплением чеков, общую промывную норму подавали в два-три такта. Перед промывкой производили вспашку на глубину 27—30 см без оборота пласта. Повторность опыта трехкратная.

При всех испытанных нормах и сроках достигнуто рассоление метровой толщи почвы до порога токсичности, принятого равным 0,02% по хлор-иону (табл. 33).

Установлено, что с увеличением норм подачи воды на промывку наблюдается тенденция, направленная на большее выщелачивание солей. Так, при промывных нормах 3,5—3,9 тыс. м³/га из метрового слоя почвы удаляется 0,157—0,240% водорастворимых солей от массы почвы, тогда как нормами 4,9—5,1 тыс. м³/га вымывается 0,42—0,46%.

33. Динамика рассоления метровой толщи почвы при эксплуатационных промывках на фоне горизонтального дренажа

Срок промывки	Промывная норма, тыс. м³/га	Засоление почвы			
		до промывки	после промывки	перед вегетацией	в конце вегетации
Март	3,9	0,059 / 0,550	0,020 / 0,314	0,028 / 0,444	0,040 / 0,510
Март	4,2	0,053 / 0,512	0,018 / 0,230	0,032 / 0,352	0,028 / 0,280
Апрель	3,7—4,0	0,035 / 0,397	0,016 / 0,236	0,024 / 0,385	0,022 / 0,377
Апрель	4,6	0,069 / 0,399	0,020 / 0,283	0,026 / 0,307	0,020 / 0,264
Апрель	4,8—5,0	0,069 / 0,804	0,022 / 0,381	0,040 / 0,641	0,036 / 0,527
Апрель	5,1	0,066 / 0,738	0,020 / 0,277	0,336 / 0,426	0,030 / 0,348
Ноябрь	3,5	0,056 / 0,380	0,017 / 0,223	0,022 / 0,246	0,019 / 0,242
Ноябрь—март	4,3	0,045 / 0,324	0,020 / 0,262	0,024 / 0,273	0,020 / 0,240

Примечание: числитель—хлор-ион, знаменатель—плотный остаток.

Наблюдениями не установлено влияние сроков промывки на эффект рассоления. Во всех вариантах опыта он был примерно одинаков и достаточно высок.

Проведение эксплуатационных промывок (независимо от сроков) способствует резкому подъему уровня грунтовых вод на 80—100 см по сравнению с исходным состоянием. Однако к началу вегетационных поливов уровень грунтовых вод снижается до глубины 1,8—2,2 м. Как правило, минерализация верхнего слоя грунтовых вод после промывки несколько повышается, что

обусловлено обогащением их за счет водорастворимых солей, вымываемых при промывках из почвогрунтов зоны аэрации.

После промывки на всех опытных участках возделывали хлопчатник С-4727. Посев произведен в первой-второй декадах мая. В течение вегетации провели три-четыре полива при общей оросительной норме 2,6—3,35 тыс. м³/га. Провели четыре культивации и две прополки сорняков. Минеральные удобрения вносили в два-три приема из расчета 120 кг/га азота и 70 кг/га фосфора. При таком режиме орошения и системе агротехники реставрация солей не наблюдалась. Содержание хлор-иона к концу вегетационного периода в слое 0—100 см составило 0,02—0,04% от массы почвы. Вместе с тем отмечено некоторое снижение уровня и минерализации грунтовых вод.

Удовлетворительное опреснение почв при эксплуатационных промывках (засоление почв хлор-ионом перед первым вегетационным поливом не превышало 0,022—0,040% от массы почвы) способствовало получению достаточно высокого урожая хлопка-сырца: 22,7—29,0 ц/га. В то же время следует особо отметить, что увеличение содержания хлор-иона в корнеобитаемой зоне с 0,022—0,024% (урожай 26,0—29,0 ц/га) до 0,04% влечет за собой обязательное снижение продуктивности хлопчатника на 3,3—6,3 ц/га.

В сравнении с обычной промывкой внесение навоза из расчета 10 т/га хотя и не оказало существенного влияния на интенсивность рассоления почвенной толщи, но положительно сказалось на росте, развитии и урожайности хлопчатника.

Прибавка урожая хлопка-сырца на вариантах с навозом при одинаковых оросительных нормах и числе поливов составила 2,5—3,4 ц/га в сравнении с контролем, что объясняется активизацией почвенно-биологических процессов и улучшением питательного режима

почв, происходящих при внесении органического вещества, нивелирующего отрицательное действие небольших концентраций хлор-иона.

7. Ускорение темпов рассоления трудномелиорируемых почв при эксплуатационных промывках

Положительное влияние химмелиорантов и механической обработки на темпы рассоления трудномелиорируемых почв обнаруживается и при эксплуатационных промывках. Опыты проведены в совхозе им. А. Ниязова Ахунбабаевского района Ферганской области (Рамазанов А., Эгамбердиев С., 1975). Почвы опытного участка староорошаемые, сероземно-сазовые, представлены переслаивающимися по профилю легкими и средними суглинками. На глубине 60—120 см расположен сильно уплотненный высококарбонатный шоховый горизонт, который обусловливает низкую фильтрационную способность почвы и как следствие низкую солеотдачу при промывках. Эксплуатационную промывку проводили по следующим вариантам: I вариант (контроль) — вспашка с оборотом пласта на глубину 30—35 см (фон) и промывка, II вариант — фон, внесение 20 т/га навоза и промывка; III вариант — фон, внесение 20 т/га лигнина и промывка.

Варианты опыта были расположены перпендикулярно к закрытой дрене с глубиной заложения 3 м. Повторность опыта — трехкратная (метод систематических повторений в один ярус). Промывную норму, одинаковую для всех вариантов и равную 5,4 тыс. м³/га, подавали в два такта.

До промывки почвы опытного участка по содержанию хлор-иона в метровом слое относились к категории слабозасоленных, приближающихся к среднезасоленным (0,024—0,036%), а по содержанию токсичных со-

лей — к среднезасоленным, граничащим с сильнозасоленными (0,485—0,584%). При этом в пахотном и подпахотном слоях количество токсичных солей достигало 0,604, в том числе 0,04% хлор-иона.

Основная масса солей представлена сернокислыми солями кальция, магния, натрия, из которых две последних являются наиболее вредными для растений. На это, в частности, указывают и значительные запасы в профиле почв токсичных сульфатов (около 70% суммы токсичных солей). Гипотетически рассчитанные соли в порядке убывания концентрации располагаются в следующий ряд:

$$CaSO_4 > Na_2SO_4 > MgSO_4 > NaCl > Ca(HCO_3)_2.$$

Промывные поливы снизили содержание хлор-иона до допустимых пределов (0,01—0,02%) на всех вариантах опыта. В то же время по сумме токсичных солей порог токсичности (0,15%), принятый для данных условий, не был достигнут. Особо следует отметить, что на II и III вариантах вынос токсичных солей из метрового слоя почвы примерно в 1,5 раза превышал этот показатель на контроле (табл. 34).

Наибольшему выщелачиванию при промывке подвергаются сернокислый и хлористый натрий. Содержание их на контроле к концу промывки снизилось соответственно на 48 и 37% от исходного. Количество сернокислого магния в промываемых почвах практически не изменилось, что, по-видимому, связано с образованием вторичных солей за счет почвенно-поглощающего комплекса почвы.

Внесение навоза и лигнина ва II и III вариантах существенно увеличили вынос водорастворимых солей: хлористого натрия соответственно 64 и 70% от исходного содержания, сульфата натрия —71 и 74%, сульфата магния —23 и 21%, бикарбоната кальция —46 и 54% (табл. 35).

34. Изменение засоления трудномелиорируемых почв при эксплуатационной промывке

Вариант	Слой, см	Засоление, %		
		Cl^-	SO_4^{2-}	сумма токсич. солей
I	0—25	0,036 / 0,015	0,365 / 0,213	0,580 / 0,322
	25—50	0,020 / 0,012	0,310 / 0,174	0,477 / 0,265
	50—100	0,019 / 0,015	0,284 / 0,195	0,441 / 0,300
	0—100	0,024 / 0,014	0,311 / 0,194	0,485 / 0,297
II	0—25	0,038 / 0,008	0,381 / 0,129	0,604 / 0,194
	25—50	0,040 / 0,010	0,374 / 0,141	0,602 / 0,211
	50—100	0,015 / 0,010	0,285 / 0,125	0,433 / 0,189
	0—100	0,027 / 0,010	0,331 / 0,130	5,518 / 0,196
III	0—25	0,039 / 0,009	0,375 / 0,121	0,600 / 0,181
	25—50	0,035 / 0,010	0,359 / 0,137	0,570 / 0,205
	50—100	0,036 / 0,013	0,368 / 0,144	0,584 / 0,221
	0—100	0,036 / 0,011	0,363 / 0,136	0,584 / 0,207

Примечание: числитель — до промывки; знаменатель — после промывки.

35. Изменение состава солей трудномелиорируемых почв при эксплуатационной промывке

Вариант	Слой, см	Содержание солей, %					Сумма солей, %
		$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$MgSO_4$	Na_2SO_4	NaCl	
		До промывки					
I	0—25	0,033	0,461	0,104	0,417	0,059	1,074
	25—50	0,029	0,553	0,081	0,363	0,033	1,059
	50—100	0,023	0,547	0,052	0,359	0,031	1,034
	0—100	0,027	0,527	0,072	0,374	0,038	1,038
		После промывки					
	0—25	0,028	0,507	0,100	0,197	0,025	0,857
	25—50	0,023	0,414	0,067	0,179	0,020	0,703
	50—100	0,013	0,407	0,071	0,205	0,025	0,721
	0—100	0,019	0,434	0,077	0,196	0,024	0,750
		До промывки					
II	0—25	0,027	0,466	0,120	0,422	0,063	1,098
	25—50	0,023	0,420	0,092	0,445	0,066	1,046
	50—100	0,023	0,517	0,071	0,338	0,025	0,974
	0—100	0,024	0,480	0,088	0,386	0,045	1,023
		После промывки					
	0—25	0,009	0,179	0,064	0,115	0,015	0,382
	25—50	0,013	0,305	0,072	0,123	0,016	0,529
	50—100	0,015	0,496	0,069	0,104	0,016	0,700
	0—100	0,013	0,369	0,068	0,111	0,016	0,577
		До промывки					
III	0—25	0,029	0,475	0,104	0,432	0,064	1,104
	25—50	0,023	0,554	0,100	0,412	0,058	1,147
	50—100	0,031	0,726	0,107	0,419	0,059	1,342
	0—100	0,028	0,620	0,104	0,420	0,060	1,232
		После промывки					
	0—25	0,012	0,404	0,067	0,099	0,015	0,657
	25—50	0,015	0,501	0,079	0,109	0,016	0,727
	50—100	0,013	0,538	0,091	0,117	0,021	0,780
	0—100	0,013	0,510	0,082	0,110	0,018	0,733

При внесении под промывку навоза и лигнина происходит процесс коагуляции почвенных частиц и их агрегация. Роль склеивающего агента при этом играют гуминовые вещества, высокодисперсные частицы и их органо-минеральные комплексные соединения, содержащиеся в большом количестве как в навозе, так и в лигнине. В результате полимеризационных процессов создается своеобразный цементирующий каркас, придающий прочность возникающим агрегатам. В итоге улучшаются физические и фильтрационные свойства почв, и значительно повышается эффективность промывки. Так, коэффициент промывного действия воды по хлор-иону на II и III вариантах соответственно в 1,8 и 2,6 раза выше, чем на контроле. Для токсичных сульфатов и суммы токсичных солей это превышение составляет 1,8 и 2,0.

Таким образом, навоз и лигнин оказывают практически одинаковый эффект на процесс рассоления промываемой почвенной толщи в сравнении с контролем.

8. Освоение и эксплуатационные промывки сероземно-луговых и солонцеватых почв Джизакской степи

Одним из перспективных районов дальнейшего развития хлопководства является Джизакская степь. В настоящее время работы по комплексному освоению этой зоны развертываются все шире.

Территория Джизакской степи также, как и Голодной, характеризуется исключительным разнообразием почвенно-мелиоративных условий, чем, в первую очередь, обусловлен дифференцированный подход к выбору мощности и состава мелиоративных мероприятий. Земли Джизакской степи засолены в различной степени — от незасоленных до сильнозасоленных и солончаков. Последние преимущественно распространены на

периферийной части плоской пролювиальной равнины слившихся конусов выноса в средней и нижней части Зааминского конуса выноса, а также в полосе, примыкающей к трассе Южного Голодностепского канала (Камилов О., 1976). Таким образом, для освоения этих земель и их интенсивного ввода в сельскохозяйственный оборот требуется осуществить рассоление земель до требуемых пределов.

Исследования, проведенные САНИИРИ и Средазгипроводхлопком в 1969—1971 гг., позволили оценить эффективность различных приемов промывки в условиях сильногипсированных почвогрунтов Джизакской степи. Опытный участок был расположен в периферийной части аллювиально-пролювиальных шлейфов конуса выноса реки Заамин в 1,5 км от ЮГК на землях проектируемого совхоза № 4 и представлен сероземно-луговыми сильнозасоленными почвами с солончаками. Общие запасы солей в 3-метровой толще почвогрунтов составляли 600—800 т/га. Распределение солей по профилю неравномерно. Максимум солей сосредоточен в верхнем метре, с постепенным убыванием их вниз по профилю. Засоление почвогрунтов усугубляется сильной гипсированностью. Содержание гипса в горизонтах максимального скопления достигает 30—50%. Механический состав почвогрунтов слоистый, с преобладанием суглинков и супесей.

Характерными особенностями почв опытного участка являются высокая плотность и низкие значения порозности и водопроницаемости. Объемный вес колеблется в пределах: 1,44—1,49 г/см³ для слоя 0—100 см; 1,61—1,63 для слоя 100—200 и 1,66—1,68 г/см³ для слоя 200—300 см. Порозность варьирует в пределах 43—44%, 38—39% и 38% соответственно.

Свободная порозность при естественной влажности и уровне грунтовых вод около 3 м в слое 0—100 см не превышает 22—24% и резко уменьшается с глубиной.

В горизонте 100—200 см она колеблется в пределах 6—8%, а горизонте 200—300 см снижается до 2—4%. При полевой влагоемкости ее значения выражаются величинами 5,4% для слоя 0—100 см и 1,6% для слоя 100—200 см, составляя в среднем на 2-метровую толщу 3,5% (от объема). Водопроницаемость с поверхности составила 0,2 м/сут.

Участок дренирован тремя открытыми дренами глубиной 3 м, объединенными дреной-собирателем, отводящей дренажные и сбросные воды за его пределы. Междренные расстояния —200 м. После строительства дренажной сети проведена планировка участка, вспашка на глубину 25 см с последующим боронованием и малованием.

Испытывались три варианта промывки: промывка напуском по полосам, промывка по бороздам и промывка затоплением чеков (два поля с различной нормой). При промывке по полосам были нарезаны полосы шириной 5 м и длиной 115 м, а при промывке по бороздам — борозды длиной 200 м с расстоянием между ними 0,9 м. В третьем варианте были построены чеки площадью 0,05 га. Фактические нормы промывки составили: I поле —6,8; II поле —6,5; III поле —7,2, в том числе поверхностный сброс 2,7; IV поле —4,5 тыс. м³/га.

Анализ материалов наблюдения за солевым режимом (табл. 36) показывает, что большая исходная пестрота по засолению и литологическому строению обусловливает и пестроту по промываемости (как по глубине, так и по степени опреснения). В данных условиях наблюдается значительное опреснение верхнего метрового слоя с перемещением солей во второй метр или опреснение всей зоны аэрации с удалением солей за ее пределы.

Сравнение рассоляющего действия, оказываемого разными вариантами промывок, показало одинаковую эффективность ее как при поливах напуском по полосам, так и при поливах затоплением чеков. Промывка

по бороздам оказалась малоэффективной. Сравнительно глубокие борозды (18—20 см) и редкое их расположение (через 0,9 м) обусловили то, что затопляемая при поливах площадь составляла только 50%, а остальная часть представляла собой испаряющую поверхность.

36. Рассоление почвогрунтов при различных вариантах промывок по хлор-иону, %

Слой, см	I поле—промывка по полосам	II поле—промывка по чекам	III поле—промывка по бороздам	IV поле—промывка по чекам
0—25	0,231 / 0,067	0,223 / 0,050	0,229 / 0,286	0,153 / 0,028
0—50	0,275 / 0,073	0,266 / 0,074	0,263 / 0,216	0,208 / 0,047
0—100	0,262 / 0,263	0,264 / 0,134	0,264 / 0,227	0,238 / 0,078
0—200	0,231 / 0,189	0,252 / 0,212	0,244 / 0,261	0,234 / 0,137

Примечание: числитель — до промывки, знаменатель — после промывки.

В соответствии с этим складывался и солевой режим почвогрунтов. Под бороздами произошло рассоление аналогичное полосовому и чековому вариантам промывки. Под гребнем интенсивность рассоления (по всему профилю) значительно ниже. В поверхностном же горизонте гребня (0—25 см) произошло увеличение засоления, что вообще свойственно бороздковому способу промывки. Для повышения эффективности промывки по бороздам предлагается (Решетов Г., 1986) воду подавать по коротким (100 м) и часто прорезанным (через 45 см) тупиковым бороздам.

Говоря о промывке засоленных земель, нельзя не учитывать режим грунтовых вод на промываемых полях, так как последний, наряду с другими факторами, определяет эффективность промывки.

Грунтовые воды на участке перед промывкой залегали на глубине около 3 м. Наблюдения показали, что при подаче воды довольно быстро затопляется свободная емкость, составляющая в зоне аэрации около 2500 м³/га, после чего грунтовые воды поднимаются до поверхности. С этого момента промывка значительно замедляется, так как при низких фильтрационных свойствах почвогрунтов опытного участка основной объем воды идет на испарение с открытой водной поверхности.

Увеличение минерализации грунтовых вод после промывки происходит за счет вымыва солей из вышележащей толщи почвогрунтов и концентрации их в верхнем слое грунтовых вод. Известно, что опреснение происходит не мгновенно, а постепенно. Наилучшие условия опреснения при промывках достигаются при затоплении чеков, когда большая часть воды приходится не на испарение, а непосредственно фильтрацию через промываемую толщу. При этом возрастает интенсивность вымыва солей за счет роста насыщенности первых порций промывной воды солями. Поэтому последующие порции инфильтрующихся вод будут все менее минерализованными. С прекращением водоподачи происходит медленный, со средней скоростью 5—7 см/сут, спад уровня грунтовых вод.

Анализ результатов наблюдений показывает, что для рассматриваемых условий наиболее оптимальным режимом промывки является дробная подача воды отдельными поливами. Разовая норма колеблется от 2,5 тыс. м³/га при первом поливе до 1,5 тыс. м³/га при последующих, подаваемых при снижении уровня грунтовых вод на 1—1,5 м ниже поверхности поля. При таком режиме промывку целесообразнее осуществлять под покровом культур-освоителей, используемых как сидераты.

Интересен опыт промывки и освоения солонцеватых почв Джизакской степи. На территории Узбекистана солонцеватые почвы не имеют такого широкого распространения, как в Сибири, Казахстане, Поволжье и на Северном Кавказе. Этим, в первую очередь, объясняется сравнительно малая изученность их географического распространения, генезиса и приемов мелиорации. Сложность освоения солонцеватых почв усугубляется еще и тем, что приемы мелиорации солонцеватых почв, разработанные для умеренных климатических районов страны, не совсем приемлемы для засушливой сероземной зоны Средней Азии.

Исследованиями установлено (Камилов О., 1977), что солонцеватые почвы получили сравнительно большое распространение в районе межконусной Заамино-Хавастской депрессии Обручевского понижения Джизакской степи. По данным института Средазгипроводхлопок и Панковой Е. (1972), почвенный покров Обручевского понижения представлен трехчленным комплексом, включающим солончаки, сильносолонцеватые солончаковые и слабосолонцеватые солончаковые полугидроморфные почвы.

Лугово-сероземные солонцеватые почвы формируются на выравненных и пониженных участках под злаково-солончаковыми ассоциациями. Поверхность их разбита трещинами шириной 1—3 см, идущими до глубины 1 м и более. Отличительной особенностью этих почв является наличие в верхней части почвенного профиля очень плотного трещиноватого крупноглыбистого горизонта. Данные химических анализов свидетельствуют о значительном засолении верхней метровой толщи с максимумом содержания солей в пределах 50—200 см. Ниже количество солей убывает и на глубине 3—4 м не превышает 0,5—0,1%. В составе катионов преобладают ионы натрия и магния, а в составе поглощенных оснований — натрий (>60%) при очень низком содер-

жании кальция. Анализы показали наличие щелочи по всему профилю почвы. Гипс в верхней части профиля практически отсутствует (<0,5%), ниже по профилю содержание его возрастает до 20%.

Практика мелиорации почв солонцового комплекса в СССР и других странах мира (Италия, Румыния, Испания, Венгрия и др.) показывает, что состав мероприятий при их освоении весьма различен и требует строгой дифференциации с учетом химических, физических, биологических и литолого-геоморфологических особенностей.

В силу того, что лугово-сероземные солонцеватые почвы Обручевского понижения содержат большое количество токсичных солей (до 1,0—2,4% от массы почвы), начальным звеном системы освоения явилась промывка с использованием химмелиорантов (Сафонов В., Лим В., Рамазанов А., 1977; при участии специалистов института Средазгипроводхлопок). Перед промывкой вносили мелиоранты по следующим вариантам:

I. контроль (без внесения мелиорантов);
II. лигнин 4 т/га и биологический ил 2 т/га;
III. гипс 8 т/га и навоз 50 т/га;
IV. мульчирование песком слоем 5 см по вспашке;
V. мульчирование песком слоем 5 см по целине;
VI. гипс 12 т/га;
VII. навоз 50 т/га.

Отметим, что водоподача в объеме 5,0 тыс. м³/га, поданная на промывку в осенне-зимний период в два такта с интервалом 5—8 дней, оказалась недостаточной для рассоления 0—50 см толщи до порога токсичности. После повторной подачи воды нормой 5,0 тыс. м³/га было достигнуто рассоление верхней метровой толщи, из которой вынесено 95,5—98,7% водорастворимых солей по сравнению с исходным содержанием (табл. 37).

На всех вариантах с внесением мелиорантов рассоление почв идет более интенсивными темпами, чем на

37. Динамика выщелачивания солей при промывке солонцеватых почв (мг—экв/100 г почвы)

Вариант	Слой, см	Исходное засоление		Засоление после 5 тыс. м³/га		Засоление после 10 тыс. м³/га	
		Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+
I	0—50	2,57	11,19	0,78 / 30,4	4,41 / 39,7	0,21 / 8,2	1,68 / 15,0
	1—100	5,14	16,08	2,16 / 42,0	9,05 / 56,3	0,23 / 4,5	2,21 / 13,7
II	0—50	2,42	10,31	0,48 / 19,8	3,59 / 34,8	0,22 / 9,1	1,91 / 18,5
	0—100	4,87	16,99	0,91 / 18,7	7,68 / 45,2	1,19 / 3,9	2,56 / 15,1
III	0—50	5,50	19,16	1,42 / 25,8	6,42 / 33,5	0,11 / 2,0	0,79 / 4,1
	0—100	7,91	22,17	2,70 / 34,1	9,85 / 44,4	0,10 / 1,3	1,23 / 5,5
IV	0—50	2,40	9,25	0,45 / 18,8	2,18 / 23,6	0,11 / 4,6	0,36 / 3,9
	0—100	4,23	14,58	0,98 / 23,2	5,23 / 35,9	0,11 / 2,6	0,50 / 3,4
V	0—50	5,42	17,51	0,32 / 5,9	3,39 / 19,4	0,19 / 3,5	1,28 / 7,3
	0—100	9,17	21,71	0,66 / 7,2	6,11 / 28,1	0,27 / 2,9	2,43 / 11,2
VI	0—50	3,29	16,60	0,36 / 10,9	2,67 / 16,1	0,19 / 5,8	2,40 / 14,5
	0—100	6,60	22,8	0,66 / 10,0	5,52 / 24,2	0,25 / 3,8	3,94 / 17,3
VII	0—50	5,34	14,69	1,28 / 23,9	1,67 / 11,4	0,24 / 13,8	1,77 / 12,0
	0—100	5,48	22,45	0,93 / 17,0	9,29 / 41,4	0,24 / 4,4	2,91 / 13,0

Примечание: числитель—засоление, мг—экв/100 г почвы; знаменатель—к исходному содержанию, %

контроле. Особенно хорошо это видно на примере подачи на промывку первых 5 тыс. м³/га. Так, на контроле после промывки в метровом слое осталось хлора и натрия 42,0 и 56,3% к исходному содержанию, тогда как в остальных вариантах эти величины значительно ниже (7,2—34,1 и 11,4—45,2% соответственно).

После промывки на опытном участке в качестве культур-освоителей выращивали люцерну с ячменем (совмещенный посев) и хлопчатник сорта Ташкент 1 с соответствующей агротехникой. При поливной норме 1,3—2,0 тыс. м³/га оросительная норма хлопчатника при шести поливах составила 7,5—9,9 тыс. м³/га, а люцерны —6,8—8,1 тыс. м³/га. При указанном выше режиме орошения солевой режим верхней метровой толщи почвы имеет относительно стабильный характер. Установлено, что за два года выращивания корни люцерны «пробили» солонцовый слой и достигли 1,5—2,0 м вглубь. Было обнаружено, что там, где проходили корни люцерны или хлопчатника (за исключением контрольного варианта), как правило, образовывалась вертикальная трещина, а вокруг корешков почва оструктуривалась и обогащалась гумусовыми натеками. Это указывает на то, что благодаря действию химмелиорантов и применяемой агротехники возделывания люцерны и хлопчатника физико-химические свойства солонцеватых почв значительно улучшаются.

Наиболее четко действие химмелиорантов и культур-освоителей проявилось на второй год после промывки в вариантах II (лигнин и биологический ил), III (гипс и навоз) и IV (гипс). Наибольшее остаточное содержание поглощенного натрия отмечено на контроле, а на вариантах с внесением мульчи (по целине и по вспашке) количество поглощенного натрия уменьшилось лишь в верхних горизонтах.

Уменьшение содержания поглощенного натрия также сопровождается снижением щелочности. При исход-

ном значении его в солонцовом слое (30—90 см) порядка 8,6—8,9 после двух лет освоения среда стала нейтральной или слабощелочной, что характерно для большинства сероземов Средней Азии.

Отметим, что темпы снижения содержания гумуса при окультуривании солонцеватых почв с внесением навоза, гипса, лигнина и биологического ила значительно медленнее, чем в других вариантах. Это имеет большое положительное значение, так как именно гумус, обладающий высокой дисперсностью, гидрофильностью и подвижностью, выступает в роли фактора, способствующего улучшению качественного состава и физико-химических свойств солонцеватых почв в целом. Внесение органо-минеральных соединений при освоении лугово-сероземных солонцеватых почв также несколько улучшает питательный режим мелиорируемых почв.

Под влиянием применяемых мелиоративных мероприятий (внесение органики, химмелиорантов и возделывание культур-освоителей) резко улучшились показатели водно-физических свойств солонцеватых почв. Наиболее ярко улучшение этих свойств солонцеватых почв выражено в варианте с выращиванием люцерны.

Таким образом, для успешного освоения лугово-сероземных почв солонцово-солончакового комплекса наиболее целесообразна поэтапная система освоения, включающая промывку нормой, рассчитанной для рассоления метровой толщи, внесение мелиорантов и возделывание люцерны в течение двух-трех лет. С мелиоративной точки зрения наиболее эффективно комбинированное внесение гипса (8—10 т/га) и органики (навоза 50 т/га), отходов гидролизной промышленности: лигнина (4—5 т/га) и биологического ила (2 т/га), а также гипса (10—12 т/га). Применение данной системы освоения позволяет уже через два-три года получать достаточно высокие и стабильные урожаи основных севооборотных культур (табл. 38).

38. Урожайность культур-освоителей по годам освоения солонцеватых почв

Вариант	1976 г.				1977 г.			
	хлопчатник		люцерна		хлопчатник		люцерна	
	ц/га	% к контролю	ц/га	% к контролю	ц/га	% к контролю	ц/га	% к контролю
1 (контроль)	18,8	—	108	—	18,3	—	122,0	—
2	23,0	122,3	118	109,3	23,8	130,1	161,3	132,2
3	22,8	121,3	160,6	148,7	26,5	144,8	176,7	144,8
4	23,5	125,0	182,6	169,1	23,7	129,5	171,6	140,4
5	19,0	101,0	151,3	140,1	20,6	112,6	154,7	126,8
6	20,7	110,1	121,3	112,3	22,6	123,5	157,3	128,9
7	24,2	128,7	147,3	136,4	26,0	142,1	159,3	130,6

Анализ результатов многолетних исследований и опыта передовых хозяйств показывает, что эксплуатационные промывки являются основным приемом регулирования солевого режима в корнеобитаемой толще и создания благоприятных условий для возделывания основных культур. Нормы и сроки их проведения в каждой зоне должны устанавливаться с учетом климатических водохозяйственных условий и степени засоления почвы.

ГЛАВА 5. ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДОЙ

1. Экспериметальное обоснование возможности использования минерализованных вод на промывку

В последние годы в республиках Средней Азии наблюдается дефицит оросительной воды, связанный с расширением орошаемых площадей при часто повторяющемся маловодьи. По подсчетам специалистов, в ближайшие годы в бассейнах Сырдарьи и Амударьи дефицит водных ресурсов достигнет 10 км^3/год.

Нехватка воды особенно остро ощущается в вегетационный период. Поэтому использование дренажных вод в осенне-зимний период для промывок засоленных земель позволит сохранить оросительную воду в водохранилищах, предназначенную для предпосевных и вегетационных поливов, в зимнее время, а также для орошения дополнительных площадей.

Принципиальная возможность рассоления почв дренажной водой основывается на том, что концентрация легкорастворимых солей в почвенных растворах засоленных почв, достигающая при высокой степени засоления 100—300 г/л, в подавляющем большинстве случаев превышает минерализацию дренажных вод.

Ежегодно в Узбекистане вводится в сельскохозяйственный оборот около 100 тыс. га целинных земель, 90% из которых имеют различную степень засоления. Под данным Главсредазирсовхозстроя, ежегодно капитальным промывкам подвергается более 12 тыс. га. При промывных нормах 10—20 тыс. м^3/га общие затраты воды на капитальные промывки превышают 170 млн. м^3/год.

Наличие достаточного объема коллекторно-дренажного стока при его относительно невысокой минерализации, в совокупности с засолением земель, при соответствующем залегании грунтовых вод позволяет проводить промывки дренажными водами.

Однако использовать коллекторно-дренажные воды для промывок засоленных земель можно только на основании специальных исследований, подтверждающих их мелиоративную эффективность и безопасность для почв.

В САНИИРИ проведены лабораторные и полевые исследования (Рамазанов А., Широкова Ю., 1983) по обоснованию возможности промывок засоленных почв дренажной водой (Голодная степь, совхозы № 1а, 3, 4 и 5).

Лабораторные промывки проводили на монолитах длиной 1 м и насыпных колонках длиной 0,5 м диаметром соответственно 0,20 и 0,15 м; полевые опыты — в производственных условиях на участке площадью 3,2 га. Для промывок использовали воду с различной степенью минерализации. В лабораторных условиях ее получали путем смешивания речной и дренажной воды до концентрации 1, 3, 5, 7 г/л (опыт 1) и водопроводной и дренажной до концентрации 1, 4, 8, 12 г/л (опыты 2 и 3).

Во время полевых испытаний промывку вели обычной оросительной водой с минерализацией около 1 г/л и коллекторно-дренажной с содержанием солей до 4,5 г/л. Кроме того, специально изучали более широкий диапазон минерализации дренажной воды, чем тот фактический, который существовал в коллекторах Голодной степи. Используемые воды содержали от 1 до 12 г/л плотного остатка, хлор-иона — от 0,01 до 4,4 г/л.

Промывке подвергались очень сильнозасоленные, различные по механическому составу гипсоносные почвы сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного и

сульфатного типов засоления с содержанием 2,15—3,77% плотного остатка и 0,183—1,133% хлора. Было установлено, что процесс рассоления почв речной и минерализованной водой до определенной стадии протекает одинаково. Затем начинает сказываться влияние минерализации воды, причем количество солей, оставшихся в почве к концу промывки, пропорционально их содержанию в воде.

Изучая процесс промывок почв водой, содержащей до 4,4 г/л хлор-иона, мы пришли к выводу, что в условиях максимальной дренированности легких почв при затратах воды 6—9 тыс. м³/га происходит предельное опреснение почв по хлору, то есть наступает момент, когда концентрация хлора в почвенном растворе равна его содержанию в воде (табл. 39). Причем, для более минерализованных вод это равенство наступает раньше.

Изучение характера солеотдачи и влияния минерализованных вод на почвы позволило установить, что для рассоления почв до допустимых пределов (0,01% хлор-иона) промывку легких почв водой, содержащей более 0,5 г/л хлора, следует проводить в две стадии: вначале дренажной водой, затем — речной.

Результаты опытов подтвердили возможность прогноза остаточного засоления почв на первой стадии промывки по хлор-иону расчетным путем в зависимости от содержания его в минерализованной воде. Установлено, что независимо от химического состава используемой воды, почвы с сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным типом засоления после первой стадии промывки переходят в сульфатный тип.

Обработка экспериментальных данных показала, что на показатель солеотдачи α степень минерализации воды влияния не оказывает (Волобуев В., 1960), а проверка возможности принятия их нормативных значений дала положительный результат.

39. Предельное рассоление почвы по хлор-иону

Опыт	Вариант	Содержание хлор-иона в почве, % к массе: до промывки	после промывки: факт.	расчет	погрешность	Содержание хлор-иона, г/л: в воде	в поглощенных фитиллах	в ПР после промывки	Внесено из почвы, % к исход.	Затраты воды, тыс. м³/га: минерализов. для достиж. S пред.: фактическое	расчетное	пресной для достиж. 0,01 % хлор: фактическое	расчетное	суммарные: опытное	расчетное
I	I	0,334	0,029	не опр.	—	0,01	0,04	0,98	91,3	16,0	26,9	—	13,4	—	13,4
	II	0,334	0,031	0,028	9,7	0,95	1,00	1,05	90,7	9,0	9,5	4,3	4,0	13,3	13,5
	III	0,334	0,071	0,051	28,2	1,75	1,80	2,41	78,7	8,0	7,2	7,5	6,2	15,5	13,4
	IV	0,334	0,082	0,065	20,7	2,25	2,35	2,79	75,4	7,0	6,2	8,0	7,1	15,0	13,3
3	I	0,326	0,015	—	—	0,04	0,06	0,68	95,3	28,5	25,3	—	14,7	—	14,7
	II	0,300	0,032	0,032	0	1,44	1,62	1,44	90,5	8,8	9,8	4,8	4,9	13,6	14,7
	III	0,260	0,070	0,066	5,7	3,00	3,04	3,17	78,5	7,8	6,7	8,2	8,0	16,0	14,7
	IV	0,268	0,098	0,0977	1,0	4,40	4,50	4,43	69,9	6,8	5,1	9,6	9,6	16,4	14,7
По-ле-вой	I	0,283	0,025	0,040		0,020	—	—	91,2	8,9	—	—	14,4	—	14,4
	II	0,226	0,028	0,030		0,90	—	—	87,6	9,3	8,8	3,7	2,3	13	11,1

Кроме того, интерпретация формулы В. Волобуева (1969), предложенная Л. Бехбудовым (1980) для расчета промывных норм при использовании минерализованных вод, справедлива только для иона хлора, и с учетом различий в величинах солеотдачи на двух стадиях промывки она примет вид:

$$N = \alpha_1 \lg \frac{S^{cl}_{исх}}{S^{cl}_{пред}} + \alpha_2 \lg \frac{S^{cl}_{пред}}{S^{cl}_{доп}}, \qquad (5.1)$$

где α_1 и α_2 — нормативные показатели солеотдачи соответственно для первой и второй стадии промывки;

$S^{cl}_{исх}$, $S^{cl}_{доп}$ — соответственно исходное и допустимое (0,01%) содержание хлор-иона в почве, %;

$S^{cl}_{пред}$ — содержание хлор-иона в почве после предельно возможного его вымывания водой определенной минерализации, %.

$$S_{пред} = \frac{c \cdot v_{пав}}{1000}, \qquad (5.2)$$

где C — концентрация хлор-иона в воде, г/л;

v — предельная полевая влагоемкость, % к массе почвы.

Как показали опыты, минерализация воды до 12 г/л не оказывает влияния на скорость впитывания и фильтрации. При впитывании минерализованная вода (в опытах 0,07—10,5 г/л токсичных солей) несущественно увеличивает концентрацию почвенного раствора (в опытах 50—110,5 г/л токсичных солей). Влияние концентрации солей в воде на фильтрацию обусловлено природными свойствами почв: дисперсностью и подверженностью осолонцеванию. Дисперсность исследуемых почв под влиянием промывок в отдельных опытах снижалась с 232,6 до 111,4% и с 74,1 до 58,24%, причем минерализация воды усиливала этот процесс. При промывке отмечалось благоприятное влияние соленой воды на агрегированность почвы.

Емкость поглощения исследуемых почв, составляющая в разных опытах 6,12—8,61 мг — экв/100 г почвы, до промывки была насыщена обменным натрием (до 47%), который в процессе промывки замещался кальцием гипса, а иногда и магнием.

Установлено, что проникновение кальция в почвенный поглощающий комплекс обратно пропорционально его содержанию в воде и не связано с содержанием в почве.

Количество поглощенного магния после промывок полностью соответствует его количеству в почве, которое, в свою очередь, определяется его содержанием в воде. Полное равновесие магния в системе почва — ППК указывает на возможность его влияния на почвы при больших количествах в воде. Во время опытов содержание в почве после промывок до 40% обменного магния отрицательного влияния на фильтрационные свойства и микроагрегатный состав почв не оказывало. Полученные материалы указывают на отсутствие как натриевого, так и магниевого осолонцевания почв. Следовательно, разовые промывки минерализованной водой безопасны для почв.

Полученный экспериментальный материал позволил составить номограммы, по которым можно определить значения промывных норм минерализованной водой в зависимости от концентрации в ней хлор-иона, а также нормы воды для допромывки почв (рис. 17 и 18). В расчетах приняты нормативные показатели солеотдачи α: на первой стадии — в зависимости от химического процесса засоления и механического состава почв; на второй — с учетом перехода почв в сульфатный тип засоления.

Из номограмм видно, что по мере снижения степени исходной засоленности почв целесообразность подачи

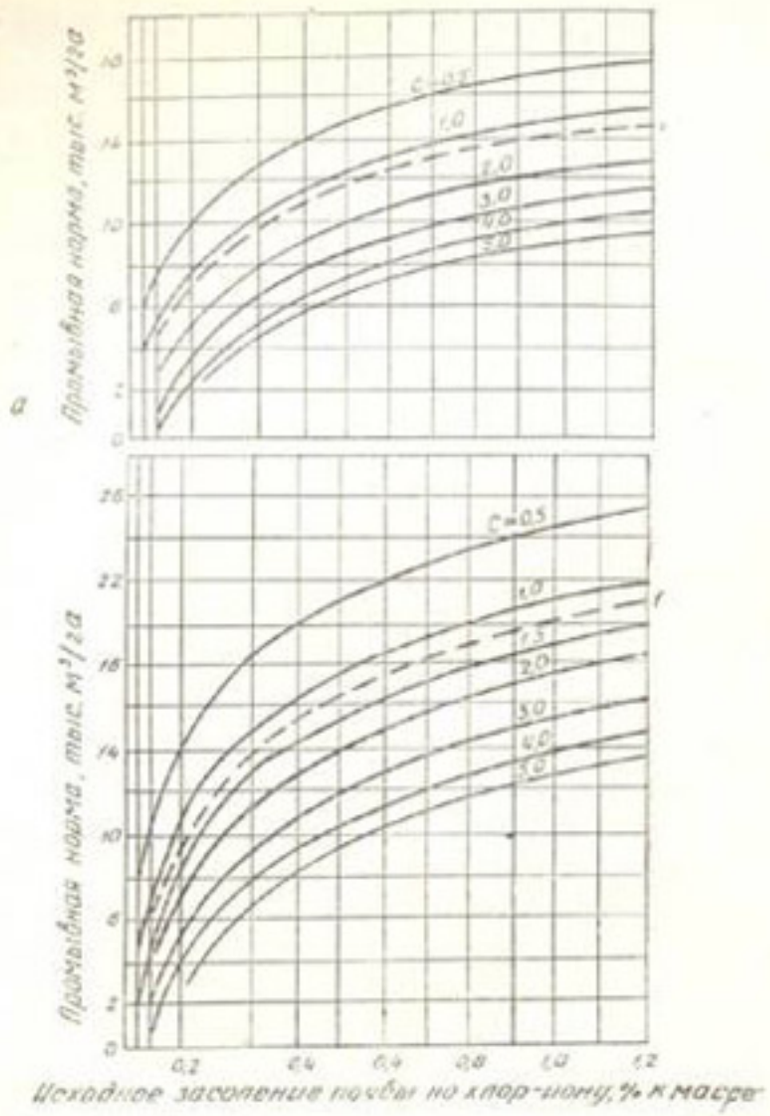

Рис. 17. Номограммы для расчета промывных норм минерализованной воды на супесчаных почвах:

а — хлоридно-сульфатного типа засоления;
б — сульфатного;
с — концентрация хлор-иона в воде, г/л;
1 — при условии рассоления почв до 0,02% хлор-иона.

на промывку дренажных минерализованных вод уменьшается и, напротив, на очень сильнозасоленных землях их использование позволит сэкономить значительные объемы оросительных вод.

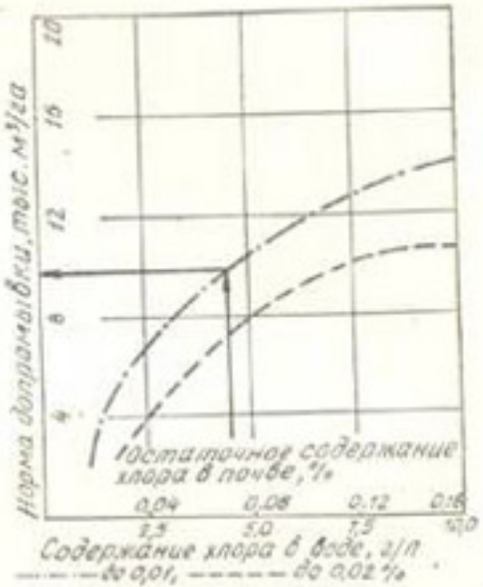

Рис. 18 Номограмма для расчета норм допромывки суглинистых и супесчаных почв по хлор-иону.

На основе расчетных значений промывных норм, полученных по указанной зависимости, мы провели экономическое сравнение вариантов промывки оросительной и коллекторно-дренажной водой (при различном содержании хлор-иона) методом приведенных затрат. Расчет показал, что с экономической точки зрения использование коллекторно-дренажных вод на промывку целесообразно даже в случаях, когда соотношение объемов минерализованной воды и речной для двух стадий промывки не превышает 0,5.

В связи с тем, что такое соотношение практически не всегда удобно (установка насоса на коллекторе при относительно небольших объемах закачки), за минимальное нами принято соотношение $M_{мин}/M_{орос}=1$. Полученные при этом практически целесообразные пределы использования минерализованных вод на промывку показывают более жесткие (против экономических) условия их применения (табл. 40). Кратность отношения концентрации хлор-иона в почвенном растворе и воде изменяется от 1,8 до 6,3.

На основании проведенных исследований установлено, что промывка с использованием дренажных вод

40. Пределы применимости минерализованных вод на промывку

Содержание хлор-иона в воде, г/л	Содержание хлор-иона в почве перед промывкой, %			
	суглинистые почвы		супесчаные почвы	
	хлоридно-сульфатное	сульфатное засоление	хлоридно-сульфатное	сульфатное засоление
<1,5	>0,07		При любой степени засоления обеспечит опреснение до 0,02% хлора	
2,0	>0,10	>0,07	0,07	
2,5	>0,18	>0,10	>0,12	>0,08
3,0	>0,30	>0,18	>0,20	>0,13
4,0	>0,50	>0,30	>0,30	>0,20

должна проводиться только на легких по механическому составу почвах (супеси, легкие суглинки), при степени засоления выше средней,— на фоне хорошо работающего дренажа при тщательном соблюдении технологии производства работ.

2. Промывка солончаков минерализованной водой

Полевые исследования по установлению возможности промывки сильнозасоленных земель и солончаков проведены (Рамазанов А., Утепов А., 1985) на территории колхоза «Коммунизм» Ходжейлийского района Каракалпакской АССР.

Почвы луговые, по механическому составу в верхнем слое (0—60 см) в основном представлены песчаными и супесчаными разностями, а глубже — суглинистыми и глинистыми. По степени засоления — это пухлые солончаки с содержанием солей в слое 0—10 см более 10%. Запасы солей с глубиной уменьшаются. Тип

засоления — сульфатно-хлоридный. Коэффициент фильтрации покровных отложений составляет 0,53—0,55 м/сут, объемная масса почвы — 1,33—1,55 г/см³. Грунтовые воды с минерализацией 30—40 г/л по плотному остатку до начала опытов были обнаружены на глубине 1,7—1,8 м.

В деляночном опыте (размер делянки 10×10 м), проведенном в 3-кратной повторности, изучалась эффективность промывки речной амударьинской (контроль) водой с содержанием солей 0,68—1,02 г/л и коллекторно-дренажной с минерализацией 5 и 10 г/л по плотному остатку.

Промывные поливы проводились в октябре. Общая норма промывки в объеме 12 тыс. м³/га была подана затоплением за четыре приема. Сопоставление результатов химического анализа почвенных образцов, отобранных до и после промывки по вариантам опыта, показало следующее. При подаче 8 тыс. м³/га воды с минерализацией 0,68 г/л из 0—100 см толщи вынесено 77% хлор-иона и 86% плотного остатка. Испытанными нормами промывки не достигнуто рассоления метровой толщи до оптимальных пределов. После подачи 8 тыс. м³/га воды в исследуемой толще содержание солей составило: 0,081% — по хлор-иону и 0,618% — по плотному остатку.

На варианте промывки водой с минерализацией 5 г/л при подаче 12 тыс. м³/га воды из 0—100 см толщи вынесено хлор-иона 72,0, а плотного остатка —69,4% по сравнению с их исходным содержанием. При минерализации промывной воды 10 г/л объем вынесенных из расчетной толщи солей составляет: по хлор-иону — 60—75%, по плотному остатку —75—79% от их запасов до промывки.

Последовательное изучение темпов рассоления после подачи определенной нормы воды показывает, что при рассолении почвы до 0,08—0,10% по хлор-иону эффект

промывки минерализованной водой резко снижается. Так, на варианте опыта с минерализацией воды 5 г/л при содержании хлор-иона до промывки 0,106% после подачи 2,0 тыс. м³/га промывкой из толщи 0—100 см удалено всего лишь 1,9%, а по плотному остатку — лишь 3,7% от исходного. При промывке водой с минерализацией 10 г/л удалено соответственно 5,4% по хлор-иону и 5,6% — по плотному остатку.

Промывкой сильнозасоленных земель и солончаков минерализованной (до 10 г/л и более) водой достигается довольно интенсивный вынос солей из почвенной толщи. В то же время рассоление почвенной толщи до оптимальных пределов при промывке минерализованной водой не достигается. Видимо, при достижении определенного предела, а в нашем опыте этот предел составляет 0,08—0,10% по хлор-иону, как бы устанавливается равновесие между концентрацией почвенного раствора и концентрацией фильтрующейся через почвенную толщу промывной воды, ввиду чего эффект промывки по выносу резко сокращается. В силу этого и для достижения необходимого предела рассоления заданного слоя необходимо на последнем этапе промывку проводить пресной водой.

После деляночных опытов нами были проведены в 1980—1981 гг. опытно-производственные промывки на площади 8 га в двух повторностях по вариантам: промывка речной (вариант I — контроль) и минерализованной водой (вариант II).

Исходя их общепринятых для условий Каракалпакии сроков проведения промывных поливов в опытах изучали следующие сроки промывки: декабрь-январь, когда грунтовые воды залегают сравнительно глубоко и достигается высокий эффект от промывки; май-июнь, перед началом весенних полевых работ.

Содержание солей в промывной воде I варианта в 1980 г. составляло 1,18—1,23 г/л, а в 1981 г. было несколько меньше — 0,84 г/л. На II варианте на промывку подавали воду, забираемую из райколлектора, минерализация которой составляла 4,65—5,95 г/л по плотному остатку.

Промывные поливы в 1981 г., как в весенний, так и в осенне-зимний период, на обоих вариантах опыта проведены речной амударьинской водой с минерализацией 0,84 г/л. При этом нормы подачи воды на единицу площади составляли 3,3 (вариант I) и 3,2 тыс. м³/га (II вариант).

В исходном состоянии почвы опытного участка относились к пухлым солончакам с содержанием солей в слое 0—5 см до 23,5—29,3% по плотному остатку. В толще 0—100 см запасы солей в среднем составляли 4,20—7,16% (вариант I) и 5,83—6,80% (вариант II) по плотному остатку. Сопоставление данных повторных солевых съемок по закрепленным на местности точкам показало, что при поэтапном проведении промывных поливов в осенне-зимний и весенний периоды с последующим посевом культур-освоителей и соблюдении режима орошения их на I варианте опыта общие запасы солей в метровом слое уменьшились с 4,20—7,16% до 0,51—0,83% по плотному остатку. При общей промывной норме 11,8—12,7 м³/га содержание хлор-иона уменьшилось с 0,66—1,22 до 0,05—0,06%.

На II варианте для снижения запасов солей с 5,83—6,80% (по плотному остатку) и с 1,16—1,70% (по хлор-иону) до 0,92—0,96% и 0,09—0,10% соответственно затрачено коллекторно-дренажной воды (4,65—5,64 г/л) в объеме 8,9—9,1 тыс. м³/га, а обычной — 2,3—3,1 тыс. м³/га. Общие затраты воды на промывные поливы составили 11,4—12,0 тыс. м³/га. В ходе промывки и сельскохозяйственного освоения уменьшение солей в основном происходило за счет выноса из почвы хлористого и сернокислого натрия и частично сернокислого магния, то есть инфильтрационными водами из толщи

почвогрунтов выносятся наиболее токсичные соли благодаря их большой подвижности. В силу изменения реакции среды и различной подвижности катионов обнаруживается появление новых солей взамен вынесенных. Так, до начала освоения в почве содержался сернокислый натрий, а соли хлористого магния почти отсутствовали. По мере вымыва сернокислого натрия в исследуемой толще обнаружены соли хлористого магния.

Следует отметить, что принятые в опытах нормы промывок, хотя и способствовали интенсивному рассолению толщи почвогрунтов, существенных изменений в минерализации грунтовых вод за период промывки не вызвали.

Необходимо было установить возможность ввода в интенсивный сельскохозяйственный оборот сильнозасоленных земель и пухлых солончаков путем промывки их минерализованной водой. Выявлено, что в первый год освоения, после промывки (май 1980 г.), остаточное засоление почвы I варианта составило 0,61% по плотному остатку и 0,11% — по хлор-иону, а почвы II варианта — соответственно 2,49% и 0,71%. Несмотря на это, была сделана попытка освоить эти земли под посевы культур-освоителей. Были выбраны кукуруза, суданская трава и сорго, посев которых проводили 8—13 июля, то есть несколько позднее по сравнению с оптимальными сроками. Тем не менее были получены дружные всходы. В силу организационных причин за период вегетации произведен один полив затоплением нормой 2,6—2,7 тыс. м³/га. Минерализация оросительной воды в первый год освоения была сравнительно высока и составляла 1,78 г/л по плотному остатку. При высоком содержании солей перед севом культур-освоителей и малом количестве поданной воды произошла интенсивная реставрация засоления к концу вегетационного периода. Содержание хлор-иона в верхней 0—

100 см толще почвы в этот период на I варианте увеличилось до 0,31, а на II — до 0,83%, плотного остатка — соответственно 1,09 и 2,73%. При таких жестких условиях орошения и высоком содержании солей в активной толще урожайность зеленой массы культур-освоителей на I варианте опыта была значительно ниже по сравнению с другими участками хозяйства и составила: для кукурузы —106, сорго —98, а суданской травы —138 ц/га. На II варианте опыта урожай зеленой массы практически собрать не удалось.

В 1981 и 1982 гг. на участке после промывки возделывали районированный в Каракалпакской АССР сорт хлопчатника 4727 С. Агротехнические приемы возделывания хлопчатника проводили аналогично принятым в хозяйстве. В 1981 г. хлопчатник поливали два раза. На I варианте опыта оросительная норма составила 1554 м³/га. Первый вегетационный полив проведен в третьей декаде июля нормой 990 м³/га, а второй — в начале сентября нормой 564 м³/га. Сопоставление данных по запасам солей в метровой толще показывает, что за период вегетации хлопчатника произошла частичная реставрация солей. При содержании в этой толще хлор-иона после промывки 0,052 к концу вегетации оно увеличилось до 0,064%, а общие запасы солей с 0,51 увеличились до 0,70%.

На II варианте опыта в 1981 г. оросительная норма при двух вегетационных поливах хлопчатника составила 1,3 тыс. м³/га. После промывки содержание хлор-иона в метровой толще составило 0,10, а плотного остатка —0,96%. В конце вегетационного периода содержание хлор-иона в этой толще увеличилось до 0,13%. Такой режим орошения оказался недостаточным для поддержания почв в оптимальном состоянии.

В 1982 г. также произведено два вегетационных полива, но более высокими нормами. На I варианте при поливной норме 1,7—1,8 тыс. м³/га оросительная норма

составила 3,5 тыс. м³/га, а на II варианте — соответственно 1,8—2,0 и 3,8 тыс. м³/га.

На третий год освоения после промывки содержание солей в толще 0—100 см на обоих вариантах составило 0,06—0,07% по хлор-иону и 0,41—0,51% по плотному остатку. При таком засолении поливы хлопчатника оросительной нормой 3,5—3,8 тыс. м³/га в целом способствовали сохранению достигнутого промывкой эффекта рассоления почвы до конца вегетации. Содержание солей в этот период в метровой толще по хлор-иону составляло 0,07 и 0,24—0,40% по плотному остатку.

При принятом режиме промывки и орошения возделываемых культур минерализация грунтовых вод на I варианте опыта с 36,7 (1980 г.) уменьшилась до 19,4 г/л (1982 г.) по плотному остатку и с 9,6 до 6,4 г/л по хлор-иону. В конце вегетационного периода грунтовые воды залегали на глубине 2,07—2,09 м. На II варианте за рассматриваемый период минерализация грунтовых вод уменьшилась до 27,9 по плотному остатку и 7,2 г/л — по хлор-иону при исходной ее величине 38,0 и 10,0 г/л соответственно.

Анализ химического состава грунтовых вод показал, что за период промывки и сельскохозяйственного освоения произошли существенные изменения в составе солей. В исходном состоянии в составе солей превалировал сернокислый натрий — 27,3—31,0 г/л. Таким же сравнительно высоким было содержание в воде хлористого магния —6,0—7,4 г/л. К концу вегетационного периода 1982 г., хотя содержание сернокислого натрия было выше, чем других солей, обнаруживается увеличение в воде также солей хлористого натрия. В целом даже после трех лет промывки и орошения минерализация грунтовых вод осталась довольно высокой. (табл. 42).

В период вегетации хлопчатника проведены наблюдения за его ростом и развитием по методике Союз-

42. Динамика засоления почв при их сельскохозяйственном освоении, %

Вариант	Год	Срок	Слой, см 0—100			Слой, см 100—200		
			Cl^-	$SO_4^{''}$	плотный остаток	Cl^-	$SO_4^{''}$	плотный остаток
I	1980	После промывки	0,117	0,217	0,618	0,232	0,440	0,989
		В конце вегетации	0,318	0,328	1,091	0,538	0,472	1,686
	1981	После промывки	0,052	0,144	0,516	0,132	0,327	0,882
		В конце вегетации	0,064	0,298	0,700	0,101	0,436	1,027
	1982	После промывки	0,065	0,252	0,512	0,132	0,291	0,543
		В конце вегетации	0,070	0,089	0,241	0,122	0,174	0,536
II	1980	После промывки	0,714	0,886	2,492	0,360	0,439	1,262
		В конце вегетации	0,837	0,929	2,735	0,256	0,335	0,960
	1981	После промывки	0,101	0,369	0,960	0,107	0,384	1,210
		В конце вегетации	0,131	0,439	0,937	0,278	0,396	1,118
	1982	После промывки	0,072	0,160	0,417	0,108	0,190	0,523
		В конце вегетации	0,071	0,180	0,401	0,085	0,170	0,433

НИХИ. Для этого на каждом варианте опыта были этикетированы по 25 растений в двух повторностях, расположенных по диагонали. Результаты наблюдений показали, что высота растений в конце августа — начале сентября составляла 53—58 см. В фазах развития хлопчатника существенных различий между вариантами опыта не установлено. В 1981 г. при густоте стояния растений 56,5 (вариант I), 53,4 (вариант II) тыс./га количество коробочек на одно растение составило соответственно 8,7 и 7,9 шт. В 1982 г. густота стояния растений на одном гектаре была значительно выше: 88 (вариант I) и (II вариант) 82 тыс./га, а количество полноценных коробочек соответственно 9,5 и 8,6 шт. на одно растение. Фактическая урожайность хлопчатника на второй год освоения (1981 г.) на промытых землях составила 16,4 ц/га (I вариант) и 14,7 ц/га (II вариант), а в 1982 г. соответственно 22,4 и 18,3 ц/га.

Из вышеизложенного вытекает, что при освоении сильнозасоленных земель и солончаков, расположенных в контуре распространения сравнительно легких по механическому составу (суглинисто-супесчаные разности) почв, на промывку можно использовать минерализованные воды (5—10 г/л). Это значительно снизит объем затрачиваемой на единицу площади пресной воды. При рассолении почвогрунтов до 0,08—0,10% по хлор-иону допромывку проводить обычной речной водой.

Расчет экономической эффективности показал, что опреснение засоленных земель ККАССР сравнительно легкого механического состава до верхнего допустимого предела (0,05—0,06% хлора) при практически одинаковых промывных нормах и пределах рассоления может быть достигнут при использовании как речной воды, так и при замене 50—60% пресных вод минерализованными (до 5 г/л) коллекторно-дренажными водами. Допромывка земель должна осуществляться пресной водой. При этом эффект от экономии пресных речных вод оценивается в 130—140 руб/га.

При складывающейся в последние годы в республике водохозяйственной обстановке, когда из года в год ощущается дефицит оросительной воды, коллекторно-дренажный сток, формируемый в контуре существующего орошения, должен быть использован на промывку засоленных земель. Под промывку следует отводить легкие по механическому составу почвы и после рассоления корнеобитаемой толщи до 0,08—0,1% по хлор-иону допромывки почв проводить речной водой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В аридной зоне засоление почв, проявляющееся при развитии орошения, является одним из главных факторов снижения продуктивности земель. Поэтому ведение орошаемого земледелия в республике неразрывно связано с осуществлением мероприятий, способствующих рассолению почв до уровня порога токсичности солей для основных сельскохозяйственных культур. Промывные поливы на фоне дренажа являются основным приемом опреснения почв верхнего слоя и грунтовых вод. К настоящему времени накопились большой экспериментальный материал и теоретические разработки, основанные на законах физико-химической гидродинамики. Это позволяет с достаточной достоверностью обосновать нормы и сроки проведения промывных поливов с учетом почвенно-мелиоративных, гидрогеологических и природно-климатических условий орошаемой зоны.

В настоящее время водохозяйственные и сельскохозяйственные организации располагают обширной и довольно объективной информацией о площадях и степени засоления находящихся в сельскохозяйственном обороте земель. Задача состоит в правильном использовании этих материалов при назначении сроков и норм промывных поливов с учетом складывающейся водохозяйственной и климатической обстановки. Они должны проводиться дифференцированно с учетом степени засоления и водно-физических свойств каждого массива или территории хозяйств. В республике, за исключением естественно дренированных районов, все орошаемые площади, находящиеся в сельскохозяйственном

обороте, обеспечены дренажем (горизонтальным, вертикальным и комбинированным), при помощи которого можно регулировать мелиоративные режимы в оптимальных, для сработки промывных вод, пределах. В конечном итоге при дефиците водных ресурсов по районам и хозяйствам должны устанавливаться лимиты вод на проведение осенне-зимних промывок. Эти лимиты водных ресурсов следует использовать с максимальной отдачей для промывок и рассоления почв. Это требование может быть удовлетворено при условии правильного выбора технологии промывок, обеспечивающих подачи воды без сброса и равномерное затопление площади чеков, то есть при организации промывок по малым чекам.

В связи с этим промывные поливы, как основной прием повышения производительной способности орошаемых засоленных почв, по своей значимости специалистами водного и сельского хозяйства должны рассматриваться в едином комплексе мероприятий, направленных на повышение отдачи орошаемого гектара. Это насущное требование времени и аграрной политики партии на современном этапе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абуталиев Ф. Б., Абуталиев Э. Б. Методы решения задач подземной гидромеханики на ЭВМ.— Ташкент: Фан, 1968.
2. Асабаев Ш. Исследование промывных поливов засоленных земель на фоне дренажа в условиях юго-западного массива Голодной степи. Автореферат канд. диссертации, Ташкент, 1974.
3. Бобченко В. И. Совершенствование промывок засоленных земель. В. сб.: Прогрессивные методы мелиорации засоленных почв. М.: 1977.
4. Волобуев. В. Р. Промывка засоленных почв. Баку, Азербайджан, 1948.
5. Волобуев В. Р. О промывных нормах при мелиорации засоленных земель.— Гидротехника и мелиорация, 1959, № 12.
6. Волобуев В. Р. Промывка и дренаж засоленных почв. В кн.: Проблема засоления почв и водных источников. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
7. Волобуев В. Р. Исследование солеотдачи почв методом промывки монолитов.— Баку: ДАН АзССР, т. 21, № 5, 1965.
8. Волобуев В. Р. Генетические формы засоления почв Кура-Араксинской низменности. Баку: АН АзССР, 1965.
9. Волобуев В. Р. Расчет промывки засоленных почв. М.: Колос, 1975.
10. Демидович Б. М., Марон А. И. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1970.
11. Дуюнов К. И. Мелиорация земель в условиях напорного питания грунтовых вод. М.: Колос, 1978.
12. Иконому Д. Итоги исследования по рассолению почвогрунтов на фоне работы вертикального дренажа в совхозе «Социализм» Шурузякского понижения Голодной степи. Труды САНИИРИ, вып. 139, Ташкент, 1973.
13. Инструкция по проектированию оросительных систем. Ч. VIII, Дренаж на орошаемых землях ВСН — П. 8—74 ММиВХ СССР. М.: 1975.
14. Кадыров Х. А., Герасимов Р. М. Опыт борьбы с засолением на землях с вертикальным дренажем в Каганском районе Бухарской области. В кн.: Сб. научн. тр. САНИИРИ, вып. 143. Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. Ташкент; 1974.
15. Кадыров Х. А., Герасимов Р. М. Мелиоративная эффективность вертикального дренажа Каганского района Бухарской области УзССР. В кн.: Сб. научн. тр. САНИИРИ, вып. 144. Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. Ташкент: 1975.

16. Калашников А. И. Опыт боковых промывок засоленных земель. Ташкент: Фан, 1967.
17. Кац Д. М. Гидрогеологические обоснования проектов вертикального дренажа. М., ЦБНТИ, 1969, № 5.
18. Климова Г. Р. К вопросу освоения тяжелопроницаемых почв зоны нового орошения Голодной степи. Труды САНИИРИ, вып. 153, Ташкент, 1977.
19. Количественные методы в мелиорации засоленных почв. Алма-Ата: Наука, 1974.
20. Лукнер Л., Шестаков В. Моделирование геофильтрации. М.: Недра, 1976.
21. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод (под ред. Н. Н. Веригина). М.: Колос, 1979.
22. Минашина Н. Г. Физико-химическая модель расчета нормы воды для промывки засоленных почв.— Почвоведение, 1972, № 3.
23. Моделирование водно-солевого режима почвогрунтов с использованием ЭВМ (отв. редактор В. А. Ковда). М: Наука, 1976.
24. Нерозин А. Е. Мелиорация засоленных орошаемых земель Узбекистана. Ташкент: Узбекистан, 1974.
25. Панин П. С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв. Новосибирск: Наука, 1968.
26. Полубаринова-Кочина П. Я., Пряжинская В. Г., Эмих В. М. Математические методы в вопросах орошения. М.: Недра, 1969.
27. Решеткина Н. М., Якубов Х. И. Вертикальный дренаж. М.: Колос, 1978.
28. Савельева Р. В. Исследование солевого режима почвогрунтов под влиянием промывок на фоне вертикального дренажа. В кн.: Теория и практика борьбы с засолением почв. М.: Колос, 1971.
29. Сафонов В. Ф., Паренчик Р. И., Лим В. Д., Зубков Д. Б. Опыт промывки Джизакской степи. Труды САНИИРИ, вып. 143. Ташкент: 1974.
30. Указания по проведению промывок засоленных земель. М.: Колос, 1973.
31. Указания по технологии промывок засоленных земель, мелиорируемых вертикальным дренажем. Ташкент: 1980.
32. Эгамбердиев С., Рамазанов А., Остроброд Б. Промышленные отходы на поля.— Сельское хозяйство Узбекистана, 1977, № 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1. **Влияние засоления на продуктивность орошаемых земель** 5

1. Засоление и потеря продуктивности почв 5
2. Оценка земель по сложности рассоления 14

Глава 2. **Методы расчета норм и типы промывных поливов** 24

1. Расчет промывных норм 24
2. Расчет промывных норм в условиях сильногипсированных почв 33
3. Расчет промывной нормы заданной обеспеченности . 36
4. Классификация типов промывок 38

Глава 3. **Рассоление почв путем капитальной промывки** . 43

1. Условия проведения капитальных промывок . . . 43
2. Рассоление сильногипсированных засоленных почв на фоне вертикального дренажа 49
3. Промывки трудномелиорируемых почв через культуру риса на фоне вертикального дренажа 57
4. Рассоление почв через культуру риса на фоне горизонтального дренажа 63
5. Рассоление сильнозасоленных слоистых почв низовий Амударьи 74
6. Эффективность промывок засоленных почв на фоне временного мелкого дренажа 89
7. Влияние химмелиорантов на темпы рассоления почв 97

Глава 4. **Эксплуатационные промывки засоленных почв** . 105

1. Сроки проведения эксплуатационных промывок и влагозарядковых поливов 107
2. Рассоление почв осенне-зимними эксплуатационными промывками на фоне вертикального дренажа . . . 117
3. Рассоление почв на землях пятнистого засоления на фоне вертикального дренажа 125
4. Опыт рассоления земель в условиях напорного питания грунтовых вод 136
5. Рассоление почв в условиях безнапорного питания грунтовых вод 146
6. Эффективность эксплуатационных промывок в низовьях Амударьи : : : : 152

191

7. Ускорение темпов рассоления трудномелиорируемых почв при эксплуатационных промывках 155
8. Освоение и эксплуатационные промывки сероземно-луговых и солонцеватых почв Джизакской степи . 159

Глава 5. Промывка засоленных почв минерализованной водой 170

1. Экспериментальное обоснование возможности использования минерализованных вод на промывку . . . 170
2. Промывка солончаков минерализованной водой . . 178

Заключение 187
Литература 189

Производственное издание

АБИТ РАМАЗАНОВ, ХАЛДАР ЯКУБОВ

ПРОМЫВНЫЕ
И ВЛАГОЗАРЯДКОВЫЕ ПОЛИВЫ

Издательство „Мехнат" — Ташкент — 1988

Зав. редакцией *С. Муминов*
Редактор *И. Жигалова*
Художник *Р. Касимжан*
Художественный редактор *Э. Мартынова*
Технический редактор *Т. Грешникова*
Корректор *Д. Хамматова*

ИБ № 533

Сдано в набор 08. 02. 88. Подписано в печать 9. 06. 88. Р — 10064. Формат бумаги 70×108 1/32. Бумага № 1. Печать высокая. Гарнитура литературная Усл. п. л. 10,08. Усл. кр.-отт. 10,29. Уч.-изд. л. 7,7. Тираж 5000. Заказ № 2117. Цена 45 к.

Издательство „Мехнат". 700129, Ташкент, Навои, 30. Договор № 186—87.

Типография № 1 ТППО „Матбуот" Государственного комитета УССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Хамзы, 21.