МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА „САНИИРИ“

ТРУДЫ САНИИРИ

Выпуск 132

(Мелиорация земель)

ТАШКЕНТ — 1971

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА „САНИИРИ"

ТРУДЫ САНИИРИ

Выпуск 132

(Мелиорация земель)

ТАШКЕНТ — 1971

УДК 626

В сборнике даются результаты производственных исследований САНИИРИ в области мелиорации: предлагаются методы расчета обсыпок скважин вертикального дренажа; технологическая схема полигона для изготовления пористых дренажных труб; методы испарения грунтовых вод и способы управления вертикальным дренажем в условиях рассоления.

В книге даются принципиальные основы балансовых и других в/х исследований.

Книга рассчитана на научных работников, сотрудников проектных, строительных и эксплуатационных организаций в области мелиорации.

Редакционная коллегия:

Ф. Н. Наджимов (отв. ред.), *Р. А. Алимов*, *Х. А. Аскаров*, *К.И. Белоцерковский*, *Г. Г. Валентини*, *И. И. Горошков*, *А. А. Кадыров*, *С. И. Кеберле*, *Н. Т. Лактаев*, *А. М. Мухамедов*, *У. Ю. Пулатов* (зам. отв. ред.), *А. А. Рачинский* (зам. отв. ред.), *И. Б. Хамадов*, *Х. И. Якубов*.

Х.ЯКУБОВ, Л.КОРЕЛИС

КРАТКИЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СОВХОЗЕ "ПАХТААРАЛ" (1961-1969 гг.)

Совхоз "Пахтаарал" - один из крупнейших хлопковых хозяйств Средней Азии с высокой культурой орошаемого земледелия, основанной на хлопково-люцерновых севооборотах, осенне-зимних промывных поливах и высоком КЗИ. Земли совхоза долгое время находились в удовлетворительном мелиоративном состоянии за счет естественной дренированности территории. Однако в последние десятилетия интенсивное освоение окружающих земель привело к необходимости усиления естественной дренированности путем строительства вертикального дренажа. Вертикальный дренаж был выбран по следующим соображениям:

1) из-за плывунности почво-грунтов и напорности подземных вод в подстилающих песках, как показал опыт, нецелесообразно строительство и эксплуатация горизонтального дренажа;

2) исключение необходимости в отчуждении земель для своего строительства и эксплуатации;

3) вертикальный дренаж представляет возможность в этих условиях полностью регулировать водно-солевой режим почво-грунтов и использование откачиваемых вод на орошение. При этом строительство его полностью механизировано, а эксплуатация может быть автоматизирована и телемеханизирована. Наблюдения и исследования, выполненные в последние годы на построенной системе, позволили получить убедительный материал, свидетельствующий о высоком мелиоративном эффекте его в общем комплексе гидромелиоративных и агротехнических мероприятий.

Характеристика системы вертикального дренажа

Проектирование, строительство и исследования дренажа были начаты в 1960 г. Первая очередь системы, состоящая из 33 скважин, размещенных на площади 4000 га, была введена в эксплуатацию в 1964 г. Вторая и третья очереди системы, со-

стоящие соответственно из 26 и 15 скважин, были введены в эксплуатацию в 1967 г. Общая площадь обслуживания системы из 74 скважин составляет 11000 га. На одну скважину подвешено в среднем по 150 га земель.

Скважины расположены по территории равномерно. Система рассчитана на периодический сброс откачиваемых вод за пределы территории по пограничным коллекторам в р.Сырдарья и на частичное использование их по мере возможности на орошение. Фильтры скважин заложены в первом песчаном, хорошо проницаемом, водоносном горизонте мощностью 40-60 м, залегающем на глубине 20-25 м. Последний сложен, в основном, мелкозернистыми песками, коэффициент фильтрации которых составляет 20-25 м/сутки. Покровные мелкоземы представлены довольно однородными аллювиальными наносами лессовидных легких и средних суглинков. Коэффициент фильтрации покровных отложений по данным пьезометрических наблюдений изменяется в пределах 0,10-0,12 м/сутки.

Скважины характеризуются следующими конструктивными параметрами: глубина - 50-70 м; диаметр бурения - 900-1000 мм; диаметр фильтровых каркасов - 426 мм; длина фильтрового каркаса щелевой нарезки - 25-35 м; скважность - 12-16%. Затрубное пространство скважин засыпано гравием 30-55%, количество которого представлено фракциями меньше 10 мм. Скважины оборудованы погружными насосами ЭЦВ-12-255-30 с 28 квт электродвигателями, частично насосами ЭЦВ-10-160-35 с 22 квт двигателями.

Максимальные дебиты скважин 70-75 л/сек при динамических понижениях 10-18 м. Мощность системы - 5,3 $м^3$/сек. Минерализация откачиваемых вод 2-6 г/л сухого остатка, в том числе 0,3-1,5 г/л хлора.

Исходное мелиоративное состояние земель четырех верхних отделений совхоза

Вертикальный дренаж в совхозе не построен только на землях нижнего отделения им.Дзержинского, где территория хорошо дренирована р.Сырдарья.

Наблюдениями и исследованиями были охвачены земли верхних четырех отделений, где и построен дренаж. Исследования, проводившиеся за период 1960-1964 гг., т.е. до ввода вертикального дренажа в эксплуатацию, показали следующее.

I Наиболее высокое залегание уровня грунтовых вод (0,5-1,0 м в среднем по территории) наблюдалось после осенне-зимних промывных и влагозарядковых поливов и выпадения атмосферных осадков (январь-март). Промывками нормой 1500-2000 м^3/га (нетто) охватывалась вся площадь земель, отводимая под яровые культуры. В дальнейшем под влиянием, в основном, испарения и транспирации, уровень грунтовых вод снижался на глубину до 2,5-3,0 м (октябрь-ноябрь). Большую часть года уровень напорных вод при этом залегал выше уровня грунтовых на 0,05-0,30 м. Напорное питание, во-первых, вызвало подъем уровня грунтовых вод, величина которого составила за четыре года 1,2 м; во-вторых, увеличился расход грунтовых вод на испарение, а следовательно, и накопление вредных солей в корнеобитаемой толще почвы.

2 Общий водный баланс всей толщи покровного мелкозема сложился положительно, а солевой - накоплением их запасов. Ежегодный приток подземных вод в покровные суглинки из подстилающих песков составлял 500-1000 м^3/га, накопление солей в количестве - 3-4 т/га.

3 Накопление запасов солей в зоне аэрации за счет их миграции из нижних слоев подтверждается исследованиями солевого режима почво-грунтов всей толщи покровного мелкозема. Кроме того, за этот период наблюдалось развитие вторичного засоления по территориям отделений им.Коминтерна и "40 лет КазССР", где раньше не наблюдались признаки засоления земель.

Сохранить удовлетворительный почвенно-мелиоративный фон на этих землях не помогло и осуществление ряда агротехнических и инженерных мероприятий, которые проводились в течение 50-60 годов (капитальные планировки полей, строительство открытого горизонтального дренажа удельной протяженностью 5-6 пог.м/га, реконструкция оросительной сети и т.д.). Очевидно, с освоением окружающих земель совхоза была ослаблена дренирующая способность подстилающего песчаного водоносного

горизонта. Внедрение дождевания, а в связи с этим и некоторое сокращение водоподачи в вегетационный период в условиях слабой дренированности территории не улучшило мелиоративного состояния, а наоборот, способствовало развитию вторичного засоления земель.

Дренирующее действие вертикального дренажа

I. Влияние дренажа на режим грунтовых и напорных вод

После ввода в эксплуатацию системы скважин первой очереди и особенно всей системы наблюдалось резкое влияние вертикального дренажа на положение уровня грунтовых и напорных вод. Максимальное снижение напорных вод ниже уровня грунтовых под влиянием откачек достигало I,5-2,0 м на расстоянии до I00 м от скважин; 0,60-0,80 м на расстоянии 300-400 м и 0,20-0,30 м - на 600-700 м. Причем, на близких расстояниях от скважин падение напорности распространялось резко через несколько часов после начала откачек, в то время как на расстоянии 600-700 м снижение было постепенным. После I0-I5-суточной откачки из скважины наступала стабилизация уровня напорных вод. Фактический среднегодовой разрыв между уровнями грунтовых и напорных вод ($-\Delta h$) составил за I966-I969 гг. 0,I5-0,20 м, колеблясь в разные периоды года от 0,05-0,I0 до -0,30-0,45 м (табл.I).

Под действием вышеуказанного градиента повсеместно образовались нисходящие фильтрационные токи из покровного мелкозема в песчаный водоносный пласт. Скорость снижения уровня грунтовых вод колебалась в начальный период откачки в пределах от 6-7 см/сутки на расстоянии до I00 м от скважины; 2-3 см/сутки на расстоянии 600-700 м, т.е. в середине между скважинами.

Средневзвешенная величина скорости нисходящих фильтрационных токов грунтовых вод, определенная по отдельным створам наблюдательных колодцев, составила - 2,5-3,5 см/сутки.

Режим грунтовых и напорных вод территории участка вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" до и после ввода дренажа (площадь 7500 га)

Таблица I

Период наблюдений	Показатель	Уровень грунтовых (y_1) и напорных (y_2) вод по месяцам, м												Среднегодовой
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1960-1963 гг. (до ввода дренажа, осредненные данные)	y_1	3,12	2,63	2,08	1,46	1,20	1,09	1,18	1,49	1,87	1,84	2,08	2,61	1,88
	y_2	3,26	2,83	2,10	1,39	0,99	1,02	1,14	1,02	1,60	1,70	1,92	2,64	1,80
	Δh	-0,14	-0,20	-0,02	0,07	0,21	0,07	0,04	0,47	0,27	0,14	0,16	-0,03	0,08
1967-1968 гг.	y_1	3,61	3,35	2,96	2,24	2,22	1,76	1,83	2,07	2,44	2,33	2,63	3,20	2,55
	y_2	3,74	3,62	3,14	2,28	2,38	1,89	1,65	2,38	2,40	2,39	2,78	3,60	2,72
	Δh	-0,13	-0,27	-0,18	-0,04	-0,16	-0,13	0,18	-0,31	0,04	-0,06	-0,15	-0,40	-0,17
1968-1969 гг.	y_1	3,94	3,79	3,14	2,35	-	0,71	0,85	1,53	2,06	2,04	2,43	3,21	2,36
	y_2	4,16	3,99	3,40	2,45	-	0,74	1,00	1,74	2,23	2,30	2,73	3,68	2,58
	Δh	0,22	-0,20	-0,26	-0,10	-	-0,03	-0,15	-0,21	-0,17	-0,26	-0,30	-0,47	-0,22

Фактическая среднегодовая скорость снижения грунтовых вод по всей территории изменялась в зависимости от коэффициента полезной работы системы и от величины водоподачи в пределах от 0,015 до 0,02 м/сутки. При этом, рассоляющий расход из покровного мелкозема, рассчитанный по скорости снижения грунтовых вод ($Q = V\omega$) составил 15-20 м^3/га в сутки, а среднегодовой дренажный модуль ($d = \frac{Q}{t}$)-0,17-0,23 л/сек/га.

В 1967-1969 гг. при работе вертикального дренажа со среднегодовым коэффициентом полезной работы 0,60-0,70 было обеспечено годовое снижение уровня грунтовых вод на 0,7-1,0 м по сравнению с исходным положением даже при водоподаче на 15-20% больше, чем до строительства вертикального дренажа. Перед промывками (ноябрь-декабрь) добивались снижения уровня грунтовых вод на глубину 3,5-4,0 м, что способствовало повышению эффективности промывных поливов. В период вегетации уровень грунтовых вод поддерживался на глубине 2,30-2,50 м против исходного 1,80-2,10 м (табл.1). В результате этого снизились непроизводительные потери влаги на испарение и тем самым значительно предотвратилась реставрация засоленности.

2. Влияние вертикального дренажа на водно-солевой баланс территории

Общий водно-солевой баланс составлялся для всей территории участка. За нижнюю границу балансового слоя принята подошва покровного мелкозема, мощность которого изменяется на участке в пределах 20-25 м, кроме того, приток и отток определялись также по Дарси на основании пьезометрических наблюдений.

На фоне работы вертикального дренажа в зависимости от нормы промывок и режима орошения общий водно-солевой баланс территории сложился отрицательным (благоприятным). Среднегодовой отток грунтовых вод из покровного мелкозема за период 1965-1969 гг. изменялся в пределах 2000-3500 м^3/га вместо притока подземных вод объемом 500-600 м^3/га в год, имевшего место до ввода дренажа (табл.2). При этом наблюдается увели-

Водно-солевой баланс покровного мелкозема
опытно-производственного участка вертикального дренажа
в совхозе "Пахтаарал" (I и II очереди, площадь 7500 га)

Таблица 2

Условия дренированности	Год	Приходные статьи, м³/га			Расходные статьи, м³/га			Измен. запасов влаги, м³/га			Приток подземных или отток грунтовых вод, м³/га	Накопление (+) или вынос (-) солей, т/га	
		атмосферные осадки	водоподача и потери на фильтрацию из каналов	итого	испарение и транспирация	отток горизонтальным дренажем	итого	грунтовые воды	в зоне аэрации почвогрунтов	итого		сухой остаток	хлор
До ввода вертикального дренажа в эксплуатацию	I961	2535	5540	8075	8II8	I37	899I	288	90	378	594	6,6	I,2
	I962	248I	6568	9049	8920	I5I	907I	576	-I50	426	5I0	7,0	I,2
	I963	2595	6986	958I	9579	I89	9768	I28	I80	308	496	7,0	I,2
	I964	3707	6I63	9870	9785	2I0	9995	-48	60	I2	I37	4,I	0,6
При работе вертикального дренажа	I965	2II3	8I22	I0235	8486	98	8584	-72	-80	-I52	-I803	-6,8	-I,3
	I966	2540	7645	I0I85	7046	I24	7I70	-256	-2I0	-466	-348I	-I8,7	-3,9
	I967	262I	7064	9685	6820	I40	6960	-264	I9I	-73	-2798	-I4,2	-2,6
	I968	3596	7055	I065I	7457	365	7822	-56	-I55	-2II	-304I	-I6,6	-3,I
	I969	5652 x)	7253	I2905	8394	765	9I59	88	235	323	-3423	-20,0	-3,6

x) Количество атмосферных осадков составило 6273 м³/га, I0% которого было отнесено к поверхностному сбросу из полей.

чение водоподачи на 1000-1200 м^3/га, в основном за счет осенне-зимних промывок, и уменьшение суммарного испарения на 1300-1600 м^3/га. В соответствии с этим солевой баланс сложился по совхозу отрицательно по типу рассоления почво-грунтов. Ежегодный вынос солей составил 15-20 т/га, в том числе 2,5-4,0 т/га хлора (табл.2), что составляет 2,5-4,0% от общих запасов солей, подлежащих удалению из покровного мелкозёма. Однако, если учесть запасы солей только зоны аэрации, то срок рассоления слоя почво-грунтов до уровня грунтовых вод резко сократится. Водно-солевой баланс почво-грунтов зоны аэрации составлялся для хлопкового поля на два ключевых участка площадью соответственно 166 и 93 га, где подробно изучались все статьи баланса, а также процессы рассоления почво-грунтов при промывках и вегетационных поливах. За балансовый слой была принята верхняя 4-метровая толща почво-грунтов, т.е. зона аэрации и верхняя часть отложений, насыщенная грунтовыми водами. На этих участках баланс сложился по типу прогрессирующего рассоления земель. Общегодовой рассоляющий расход через зоны аэрации составил за 1967-1969 гг., в зависимости от нормы осенне-зимних промывок, 3500-4500 м^3/га, а вынос солей 25-37 т/га, в том числе 5-8 т/га хлора (табл.3). Полученный здесь рассоляющий расход относится исключительно к пахотной площади, тогда как в него по общему балансу входят и потери на фильтрацию из всех каналов, которые составляют значительную часть его и не полностью участвуют в опреснении почво-грунтов зоны аэрации указанной площади. При поддержании вышеуказанного водно-солевого режима территории как на ключевых участках полное опреснение почв достигается в течение 4-5 лет.

Следует отметить, что дренированность (подземный отток грунтовых вод) вертикального дренажа, рассчитанная по общему водному балансу и по пьезометрическим данным, имеет небольшое расхождение: рассоляющий расход по балансу составил за период 1965-1969 гг. 2800-3500 м^3/га, что соответствует дренажному модулю 0,10-0,12 л/сек/га, а по пьезометрическим данным он равняется 3300-5800 м^3/га, или дренажный модуль 0,13-0,16 л/сек/га.

Таблица 3

Водно-солев баланс зоны аэрации хлопкового поля

Объект исследования	Год	Приходные статьи, м³/га: атмосферные осадки	Приходные статьи, м³/га: водоподача и потери на фильтрацию из канала	Приходные статьи, м³/га: итого	Расходные статьи, м³/га: испарение и транспирация	Расходные статьи, м³/га: отток горизонтальным дренажем	Расходные статьи, м³/га: итого	Изменение запасов м³/га: грунтовые воды	Изменение запасов м³/га: в зоне аэрации почвогрунтов	Изменение запасов м³/га: итого	Приток подземных или отток грунтовых вод, м³/га	Накопление (±), или вынос (-) солей, т/га: сухой остаток	Накопление (±), или вынос (-) солей, т/га: хлор
Отвод	I967262I	8350	I097I	7456	3I0	7766	-80	-II0	-I90	-3405	-37,2	-6,3
К-20-33	I9683596	8I50	II746	7856	3I0	8I66	I20	90	2I0	-3370	-23,5	-4,3
II (I66 га)	I9695652	7000	I2652	7820	690	85I0	-I04	230	I26	-40I5	-27,9	-4,7
Отвод	I967262I	8650	II27I	694I	-	694I	-200	4I5	2I5	-4II5	-35,0	-7,8
К-20-34	I9683596	8200	II796	7223	-	7223	I60	495	655	-39I8	-27,3	-3,9
(93 га)	I9695652	7280	I2932	7526	300	7826	-I20	460	340	-4766	-27,2	-4,5

Рассоление почво-грунтов и грунтовых вод на фоне работы вертикального дренажа

Вертикальный дренаж, как и горизонтальный, не является прямым средством опреснения земель, а только создает условия для рассоления почво-грунтов. Опреснение земель на фоне дренажа, особенно в условиях рассматриваемого объекта, где мощность покровных отложений сравнительно велика, а подземные воды минерализованы, зависит, в основном, от правильной организации и проведения комплекса следующих мероприятий: выбор оптимальных промывных норм для земель с различной степенью засоления и предотвращение реставрации засоления путем проведения вегетационных поливов соответствующих норм и создания оптимального залегания уровня грунтовых вод в период вегетации; своевременное и качественное проведение междурядных обработок; текущие планировки полей; борьба с потерями на фильтрацию из оросительной и сбросной сети и т.д.

Темп рассоления почво-грунтов в конечном итоге определяется рассоляющим расходом через зоны аэрации и оттоком грунтовых вод из покровного мелкозема в песчаный горизонт. Причем, чем меньше в этом объеме доля потерь на фильтрацию из оросительной сети и больше величины инфильтрации с орошаемых полей, тем интенсивнее будет протекать рассоление земель.

В рассматриваемом объекте исходное содержание солей в покровных мелкоземах колебалось в пределах от 0,2-0,3% до I,0-I,5% по сухому остатку, в том числе от 0,02-0,030 до 0,200% хлора. Кроме почвенного максимума большие запасы соленакопления наблюдаются на глубине от 6 до I2 м. Минерализация грунтовых вод в верхних слоях составляла от 2-3 до I5-20 г/л, в глубоких горизонтах от 3-4 до 8-I0 г/л сухого остатка и 0,7-2,5 г/л по иону хлора. Общие запасы легкорастворимых солей в 22-25-метровом слое изменялись в пределах 700-2000 т/га, в том числе в I-метровом слое 50-I50 т/га, в 3-метровом - I00-250. Засоление хлоридно-сульфатное ($SO_4'' / Cl' = 4-5$), магниево-натриевое ($Na' / Mg'' = 2-3$).

До ввода дренажа в эксплуатацию (1960-1964 гг.) на всех восьми опорных точках, где ежегодно изучалась динамика запасов солей, наблюдалось из года в год накопление их в корнеобитаемом слое за счет миграции из нижележащих горизонтов (табл.4). На фоне дренажа и промывок, за период 1965-1969 гг., исходные запасы солей уменьшились на 25-35% в зоне аэрации и на 20-25% по всей толще мелкозема (табл.4). Вынос солей составляет в среднем для 3-метровой толщи 67,3% от количества солей, подлежащих удалению, а для всего мелкозема - 42,2%.

Таблица 4

Динамика запасов легкорастворимых солей покровного мелкозема (средние данные из 4-х опорных точек)

Сроки взятия образцов	Послойные запасы солей, т/га сухого остатка			
	0,0-1,0 м	0,0-3,0 м	0,0-6,0 м	0,0-22 м
УШ-1961 (исходные)	108,4	210,1	422,0	1145,0
УШ-1963 (до ввода дренажа)	113,3	218,6	347,3	1170,9
Изменения в %	4,5	4,1	-17,6	2,3
IX-1969 (3-4 года при работе дренажа)	72,3	153,1	265,7	929,8
Изменения по отношению к 1963 г.	-36,3	-30,0	-23,5	-20,5

Промывки засоленных земель на фоне вертикального дренажа

К моменту ввода дренажа в эксплуатацию, территория совхоза на 30-35% от общей площади была представлена средне- и сильнозасоленными землями, рассоление которых требовало проведения усиленной промывки. По опыту промывки земель в Голодной степи для рассоления 2,0-3,0-метровой толщи необходимо 15000-25000 $м^3$/га воды, а, чтобы подать такие нормы понадобилось бы, во-первых, вывод земель из сельскохозяйст-

венного оборота; во-вторых, увеличение дренированности этих участков, а также пропускная способность оросительной сети. В этих условиях экономически выгодным вариантом опреснения земель является рассоление их путем осенне-зимних промывок меньшей нормой в течение ряда лет и создание условия для предотвращения сезонной реставрации засоления.

Для выявления наиболее оптимальных норм осенне-зимних рассоляющих поливов проводились опытно-производственные исследования по промывкам земель. Были выбраны два ключевых участка средней и сильной засоленности, площадью соответственно 214 и 93 га, где изучались пять вариантов опыта рассоления земель с различной нормой промывок, которые показали, что главным условием получения высокой эффективности от промывок является создание нормальной дренированности как во время их проведения, так и после, т.е. в период сработки промывных вод и растворенных в них солей. Так, например, промывка одинаковой нормой - 5600 и 6000 м^3/га - дала совершенно различные результаты.

В первом случае, при дренажном модуле 0,21 л/сек/га в процессе проведения промывки (октябрь-ноябрь) и 0,14 л/сек/га - после этого, 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/сек/га эффекта почти не получено. Содержание солей в указанных выше 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 при промывке нормой 7600 м^3/га (нетто) и дренажном модуле 0,32 и 0,21 л/сек/га за период октябрь-декабрь и январь-апрель. Здесь наблюдалось более глубокое опреснение почво-грунтов, а в пахотном слое содержание солей было доведено до конди-

ции. Запасы солей в верхнем I,5-метровом слое почво-грунта снизились до 0,460% и 0,030%, при их содержании 0,80I% сухого остатка и 0,076% хлора. Затраты воды на вынос I т солей из I,5-метрового слоя почво-грунтов при нормальной дренированности составили от 80-I00 м^3 при исходном содержании солей I,0-I,5% до I50-200 м^3 при -0,6-0,8% солей.

Промывки средне- и сильнозасоленных земель нормой 2800-3000 м^3/га не дали эффекта. При этом в пахотном слое почвы остаточное засоление намного превышало пределы солеустойчивости культурных растений. В I966-I968 гг. на площади всего участка (2I4 га) проводились осенне-зимние промывки нормой 4500-6000 м^3/га и вегетационные поливы хлопчатника нормой 3000-3200 м^3/га. В связи с этим, площадь незасоленных земель в I969 г. достигла I80,9 га, тогда как в начальный период составляла 50,5 га. Сильнозасоленные земли и солончаки (площадь - 97,6 га) также ликвидированы полностью. На этих землях в зоне аэрации запасы солей снизились до I44,0 т/га против 2I8,0-до промывок, т.е. было вынесено 57% солей, подлежащих удалению. Вынос солей из верхнего I-метрового слоя достигал до 64,0%. Аналогичные результаты были получены и на втором ключевом участке, где в период I966-I968 гг. проводился указанный комплекс мероприятий. Здесь площадь незасоленных и слабозасоленных земель увеличилась с 3I,4 до 83,6%. Полученные результаты рассоления земель на этих участках подтвердились ростом урожайности хлопчатника (табл.6). На первом участке она составила в среднем за I967-I969 гг. 28,8 ц/га, тогда как до проведения этих мероприятий составила I4,0 ц/га. На втором участке она составляла за указанный период 30,8 ц/га против I8,0-до строительства скважин.

Наиболее оптимальные промывные нормы для средне- и сильнозасоленных земель, позволяющие получать высокие урожаи с первого года после промывки, а также способствующие предотвращению реставрации засоленности, являются поливы порядка 5000-7000 м^3/га. Для незасоленных и слабозасоленных земель достаточны промывные нормы - 3000-3500 м^3/га.

Таблица 5

Динамика рассоления почво-грунтов зоны аэрации на фоне вертикального дренажа (К-20-33, площадь 214 га)

Степень засоленности	Динамика распределения площадей различной засоленности											
	1964 г.		1965 г.		1966 г.		1967 г.		1968 г.		1969 г.	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
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	73,0	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	33,0	23,0	10,7	-	-	-	-	-	-
Солончаки	18,9	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Динамика запасов солей, т/га по слоям, м											
	0,0-1,0	0,0-2,5	0,0-1,0	0,0-2,5	0,0-1,0	0,0-2,5	0,0-1,0	0,0-2,5	0,0-1,0	0,0-2,5	0,0-1,0	0,0-2,5
Незасоленные и слабозасоленные	65,5	143,8	51,3	123,4	59,5	146,5	50,5	137,0	48,6	129,8	54,5	130,5
Среднезасоленные	88,5	191,5	81,8	186,7	87,4	200,0	104,2	150,8	94,4	208,5	84,0	184,0
Сильнозасоленные	137,0	273,5	124,3	275,8	108,8	220,0	-	-	-	-	-	-
Солончаки	179,0	281,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Средневзвешенные	110,5	218,0	85,7	193,3	84,1	168,0	65,1	160,5	57,2	144,0	59,0	136,2

Таблица 6

Урожайность хлопчатника на ключевых участках

Отводы	Площадь, га	Урожайность, ц/га по годам				
		исходная (среднемноголетняя)	1967	1968	1969	средняя
К-20-33	214	14,0	30,0	29,5	27,0	28,8
К-20-34	93	18,0	32,8	28,8	30,8	30,8

Полученные материалы показывают, что при таких промывных нормах смещение солей по профилю почво-грунтов невелико. В первые годы резко увеличивается минерализация верхнего слоя грунтовых вод. Поэтому, учитывая и высокие капиллярные свойства данных грунтов, особую важность приобретает предотвращение реставрации засоленности за вегетационный период.

Проведенные опыты по этому вопросу показали, что оросительные нормы хлопчатника 1900-2400 $м^3$/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 оросительной норме 3200-3500 $м^3$/га и поддержании уровня грунтовых вод в пределах 2,5-3,0 м достигалось почти полное предотвращение реставрации засоленности земель.

Для предотвращения реставрации засоления почво-грунтов 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, почти аналогичный комплекс мелиоративных мероприятий проводился в 1967-1969 гг. по всей территории вертикального дренажа. Осенне-зимним промывкам подвергалась вся площадь, отведенная под хлопчатник и другие яровые культуры. Промывались также поля, занятые многолетними травами. Промывные нормы составляли на незасоленных и слабозасоленных зем-

лях в среднем 3000-3500 м³/га, а на средне- и сильнозасоленных - 5000-6000.

Значительно увеличилась водоподача в вегетационный период. По хлопчатнику проводились в основном 2,5-3,0 полива. В 1968-1970 гг. часть полей поливалась по бороздам общей нормой 3000-3200 м³/га. Остальная площадь - дождеванием - 2000-2500 м³/га (табл.7).

Таблица 7

Год	Виды полива, га		Общая площадь хлопчатника
	полив дождеванием	полив по бороздам	
1964	5851	1149	7000
1969	3251	3749	7000
1970	3856	3144	7000

В результате, по совхозу было достигнуто заметное рассоление почво-грунтов и выравнивание мелиоративного фона земель (табл.8). Площадь незасоленных и слабозасоленных земель верхних 4-х отделений совхоза (7500 га) составила в 1969 г. 7100 га против 5088, имевшейся в 1960 г., и полностью ликвидированы солончаки и сильнозасоленные пятна.

Таблица 8

Год	Площади различных степеней засоленности, га				
	незасоленные и слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные	солончаки	итого
1960	5088	800	1112	500	7500
1969	7103	300	97	-	7500

Однако следует отметить недостаточность мощности рассоления почво-грунтов, так как в более глубоких горизонтах (ниже 2-метрового слоя) содержатся еще большие запасы (0,8-1,2%) солей. Кроме того грунтовые воды недостаточно опреснены.

Использование откачиваемых вод на промывки и орошение сельскохозяйственных культур

Минерализация откачиваемых вод рассматриваемого объекта колеблется в пределах от 2-3 до 5-6 г/л сухого остатка, в том числе 0,5-2,0 г/л хлора. Возможность использования этих вод на промывку засоленных земель и на полив хлопчатника и других культур представляет собой особый интерес, во-первых, как вопрос выявления дополнительного источника оросительных вод и, во-вторых, с внедрением вертикального дренажа повышается потребность в оросительной воде, т.е. для проведения усиленных промывок земель и создания промывного режима орошения, а также для повышения КЗИ дренируемой территории.

В октябре-декабре 1965 г. откачиваемая вода была использована на промывку засоленных земель опытного участка К-20-33 площадью 50 га. Общая норма промывки 7600 $м^3$/га. Первый и второй поливы нормой соответственно 3600 и 2000 $м^3$/га проводились подачей откачиваемых из скважин вод с минерализацией 4,5 г/л сухого остатка, в том числе хлора 1,3 г/л, а третий - из оросительной сети.

После первого полива опреснение почво-грунтов наблюдалось на глубину до 0,4-0,6 м. Количество вынесенных солей из этого слоя составило 42,2% по сухому остатку и 66,9 - по хлору от исходных

Второй полив нормой 2000 $м^3$/га рассолил 1,0-1,2-метровый слой почво-грунтов. Вынос солей составлял 15% по плотному остатку и 27,3 - по иону хлора против их остаточного содержания после первого полива. При этом в первый год проведения промывок наблюдается увеличение минерализации грунтовых вод до 20-25 г/л, что объясняется выщелачиванием солей из зоны аэрации с инфильтрационной водой.

В последние годы этот опыт широко внедряется на производстве промывок засоленных земель. Наряду с этим в совхозе в 1966-1969 гг. проводилось исследование вопроса использования откачиваемых вод на полив хлопчатника.

Опытный участок (К-20-17) площадью 5,6 га был разбит на три делянки:

на первой (I вариант) - использовалась откачиваемая вода с минерализацией 5,5-5,8 г/л сухого остатка, в том числе 1,2-1,3 г/л хлора;

на второй (II вариант) - смешанная вода с минерализацией 3,0-3,8 и 0,6-0,8 г/л соответственно сухого остатка хлора;

на третьей (III вариант - контроль) - оросительная вода с минерализацией 0,65-0,75 г/л.

На всем участке ежегодно проводились осенне-зимние промывки нормой 3500-4000 $м^3$/га.

В период вегетации проводились 2-3 полива общей нормой 3000-3200 $м^3$/га. Годовой приход влаги, считая и атмосферные осадки, составлял 9000-10500 $м^3$/га; 7000-7500 $м^3$/га или 70-75% которого расходовалось на испарение и транспирацию, а остальная часть - на инфильтрацию (табл.9).

При использовании откачиваемых вод, указанной минерализацией, угнетения в росте и развитии растений не наблюдалось - урожайность хлопчатника достигала 30-32 ц/га.

Для решения вопроса относительно использования минерализованных вод на орошение, наряду с выявлением их влияния на рост и развитие сельскохозяйственных культур, а следовательно и на урожайность, очень важно, во-первых, определить динамику засоленности почво-грунтов и грунтовых вод; во-вторых, установить оптимальный режим орошения и дренированность земель, при которых будет происходить необратимый процесс рассоления. В связи с этим солевой режим почво-грунтов изучался ежегодно на 12 опорных точках (по четыре на каждой делянке) послойным отбором образцов почвы и проб грунтовых вод в начале и в конце вегетации.

Анализ полученных данных показывает, что

I) за период вегетации наблюдалось некоторое увеличение содержания солей в активном слое почвы (0,0-1,0 м). На первой делянке в отдельные годы оно достигало 50-60%, на второй - не более 5-10%, а на третьей - имело место некоторое увеличение солей (табл.10);

Таблица 9

Результаты опыта с использованием откачиваемых минерализованных вод на полив хлопчатника

Варианты	Площадь, га	Год	Водоподача и атмосферные осадки, м³/га				Минерализация используемой воды на полив хлопчатника	Урожайность, ц/га
			промывка	полив хлопчатника	осадки	итого		
I	I,8	I966	4200	3I20	2540	9860	5,78	28,9
		I967	4600	2I20	2620	9340	5,65	33,8
		I968	3300	3500	3590	I0390	5,60	23,5
		I969	2000	3I00	5200	I0300	5,75	26,5
II	I,8	I966	4200	3050	2540	9790	3,80	26,6
		I967	4600	2050	2620	9270	3,00	3I,2
		I968	3300	3400	3590	I0290	3,20	I7,4
		I969	2000	3000	5200	I0200	3,50	23,5
III	2,2	I966	4200	3200	2540	9940	0,62	24,4
		I967	4600	2220	2620	9440	0,75	29,4
		I968	3300	3400	3590	I0290	0,75	I9,5
		I969	2000	3200	5200	I0400	0,70	24,I

2) за 4 года использования минерализованной воды накопления солей в зоне аэрации (0,0-2,5 м) не произошло, несмотря на то, что за этот период было внесено дополнительно с поливной водой 67,5 т/га солей на первой делянке; 39,I - на второй; 8,4 - на третьей.

Исходные запасы солей (УI-I966 г.) зоны аэрации уменьшились к УI-I969 г. на 4,2% по первой делянке; на 24,9 и 37,9% по второй и третьей делянкам (табл.I0).

Вынос солей с учетом прихода их с оросительной и откачиваемой водой примерно одинаковый по всем делянкам и составляет 75-85 т/га или I8-20 т/га в год (табл.II).

Таблица I0

Динамика запасов солей в почво-грунтах при поливе хлопчатника минерализованной водой (средние данные из 4 точек по каждой делянке)

Делянка	Год	Послойные запасы солей, % к весу почвы по сухому остатку					
		0,0-I,0 м			0,0-2,5 м		
		начало и конец вегетации		изменения, %	начало и конец вегетации		изменения, %
		VI	X		VI	X	
Первая	I966	0,470	0,447	-4,9	0,426	0,356	-I6,5
	I967	0,296	0,458	54,7	0,357	0,357	0,0
	I968	0,32I	0,5I0	59,0	0,330	0,388	II,5
	I969	0,36I	0,442	22,4	0,408	0,388	-9,2
Вторая	I966	0,589	0,645	9,5	0,623	0,528	-I5,3
	I967	0,6I0	0,649	6,4	0,54I	0,500	-7,6
	I968	0,528	0,525	0,5	0,468	0,484	3,4
	I969	0,493	0,522	5,8	0,462	0,440	-4,8
Третья	I966	0,6I8	0,52I	-I5,7	0,477	0,360	-24,5
	I967	0,473	0,590	24,7	0,447	0,504	I2,7
	I968	0,4I9	0,366	-I2,7	0,355	0,366	3,I
	I969	0,392	0,267	-3I,9	0,296	0,243	-I7,9

Таблица II

Делянка	Минерализация поливной воды, г/л	Запасы солей в слое 0,0-2,5 м, т/га				
		исходные (I966)	приход с поливной водой	итого	остаточные (I969)	вынос за 4 года
Первая	5,5-5,8	I54	67,5	22I,5	I47	74,5
Вторая	3,0-3,5	2I5	39,I	254,I	I68	86,0
Третья	0,60-0,75	I72	8,4	I80,4	I07	73,4

Приведенные данные показывают, что при использовании откачиваемых вод в смеси с оросительной темпы рассоления достаточно велики и зависят от норм полива и промывок. В случае использования откачиваемых вод с минерализацией 5–6 г/л в чистом виде необходимо увеличить норму орошения до 3,5–4, а общую водоподачу – до 8,5–9,0 тыс.м^3/га. При этом уровень грунтовых вод следует поддерживать ниже 2,5–3,0 м, что дает возможность резко сократить их расходы на испарение, тем самым снизить темп реставрации засоления почво-грунтов.

Режим работы системы вертикального дренажа

Режим работы дренажа определяется конкретными природными условиями и режимом орошения, который устанавливается из расчета обеспечения оптимальных темпов рассоления почво-грунтов и грунтовых вод и выращивания высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Он определяется на базе анализа исходного и проектного водно-солевых балансов территории.

Приведенные в данной работе материалы показывают, что для поддержания процессов постепенного рассоления земель в первые 3–5 лет после ввода дренажа в эксплуатацию, необходимый объем водоподачи должен быть не менее 8–8,5 тыс.м^3/га валовой площади.

В этих условиях вертикальный дренаж должен обеспечить:

достаточную свободную емкость почво-грунтов, которая необходима для проведения осенне-зимних промывок и создания высоких темпов рассоления почво-грунтов;

отвод промывных вод и растворенных в них солей в песчаный горизонт;

оптимальное положение уровня грунтовых вод (1,5–2,0 м) в период ранне-весенних предпосевных обработок земель и посева сельскохозяйственных культур;

оптимальный режим грунтовых вод в период вегетации (2,5–3,0 м), позволяющий в сочетании с комплексом агро-

технических мероприятий предотвращать реставрацию засоленности в конце вегетационного периода.

Для удовлетворения этих требований вертикальный дренаж в условиях Пахтаарала эксплуатировался со следующим режимом работы скважин.

I. С прекращением вегетационных поливов хлопчатника 20-25 августа вся система работает на полную мощность до 25-30 апреля. В отдельные годы, с учетом особенностей метеорологических условий весеннего периода, этот срок может отодвигаться до I0-I5 мая. При этом, к началу проведения осенне-зимних промывок (I5-20 ноября) уровень грунтовых вод должен снизиться на глубину до 4,0-4,5 м. Это, как показали опыты, позволяет проводить промывки в оптимальный срок нормой 3,5-4,5 тыс.м^3/га и достичь высокого темпа рассоления. В период осенне-зимних промывок (XI-I месяцы) величина гидромодуля в среднем по территории составляет 0,60-0,70 л/сек/га, а максимальный отток грунтовых вод, формируемый вертикальным дренажем, в это время изменяется в пределах 0,30-0,35 л/сек/га, т.е. 50% от водоподачи. В связи с этим в период промывок наблюдается подъем уровня грунтовых вод до I,0-I,5 м от поверхности земли. В дальнейшем февраль-апрель месяцы дренаж должен работать на полную мощность для снижения уровня грунтовых вод до проектной глубины (I,5-2,0 м) и отвода промывных вод.

2. После завершения посева сельскохозяйственных культур и снижения уровня грунтовых вод ниже 2,5 м часть скважин отключается. В период вегетации работает 40-50% скважин для поддержания уровня грунтовых вод на глубине 2,5-3,0 м. При этом, в работе остаются в основном все скважины, расположенные вдоль магистрального канала им.С.М.Кирова, для перехвата подземных вод, формируемых за счет потери воды на фильтрацию. В работе также остаются скважины, расположенные вдоль коллекторов, т.е. на граничных полосах территории совхоза. Внутри массива желательно оставлять в работе те скважины (в рамках указанного количества), которые функционируют на полях, занятых многолетними травами,

кукурузой и хлопчатником бороздкового полива, где применяются поливы повышенной нормы - 1400-1500 м^3/га.

Таким образом, продолжительность эксплуатации системы вертикального дренажа в мелиоративный период составляет 8-10 месяцев при полной мощности работы. В этот период коэффициент работы должен быть не менее 0,85-0,90, а простои, связанные с проведением технических уходов, профилактических и текущих ремонтов гидромеханического и силового оборудования и других наземных сооружений не более 10-15%.

Капитальные ремонты оборудования, промывки и очистки скважин и сбросной сети и т.д. планируются в основном на летний период, когда часть скважин отключается из работы.

Описанный здесь режим эксплуатации вертикального дренажа применяется на рассматриваемом участке с 1966 г. При этом, сначала этот режим эксплуатации применяли на 4000 га, а в последние три года на площади в 11000 га.

Продолжительность мелиоративного периода для рассматриваемого объекта по проекту определена в 5-6 лет, на практике совхоза она составляет 3-4 года. При этом по мере опреснения почво-грунтов зоны аэрации до 0,3-0,4% по плотному остатку и 0,01-по иону хлора и минерализации верхнего слоя грунтовых вод (2-3 м) до 3-4 г/л, система дренажа переводится на эксплуатационный режим работы. В этот период объем водоподачи будет уменьшен в среднем на 1500-2000 м^3/га, 60-70% которого будет за счет осенне-зимних промывок. Соответственно сократится на 1,5-2 месяца и продолжительность работы скважин.

Экономическая эффективность от внедрения вертикального дренажа

Для определения экономического эффекта в расчетах применяются показатели по затратам на строительство и эксплуатацию дренажа с одной стороны и показатели по росту урожайности сельхозкультур и коэффициента земельного использования (КЗИ) - с другой.

Капиталовложения на строительство данной системы ($К_з$) составили 63371 руб. на одну скважину, или 499 руб.на I га валовой площади. Сюда входят и затраты на незавершенные виды работ (строительство дорог с твердым покрытием, облицованной сбросной сети, автоматика и телемеханика и т.д.), а также расходы на проектно-изыскательские и научно-исследовательские работы.

Затраты на эксплуатацию ($Г_э$) вертикального дренажа еще твердо не установлены ни по одному объекту. Однако по данным УМС (Управление мелиоративных систем) в разные годы они изменяются в пределах 35-45 руб. на гектар валовой площади для рассматриваемого объекта. Как известно, урожайность сельхозкультур, по которой определяется чистый доход и прибыль, зависит от многих факторов и выделить ее долю, относящуюся исключительно к эффективности мелиоративных мероприятий, - довольно трудно . В таких хозяйствах как "Пахтаарал", где давно внедрены высокий уровень агротехники и механизации, севообороты и применение удобрений, а также достигнут высокий КЗИ, можно сравнивать среднемноголетнюю урожайность, получаемую до и после внедрения дренажа, и таким образом определить валовой экономический эффект, который в основном является результатом мелиоративного улучшения земель.

За период 1960-1964 гг., т.е. в последние годы до ввода дренажа, урожайность хлопчатника составила в среднем за 5 лет 25,5 ц/га, а после ввода дренажа за период 1965-1968 гг.-28,1 ц/га (табл.12). Прирост составил 2,6 ц/га (урожайность 1968 г. не включена в расчет, как не характерный год по климатическим условиям).

На средне- и сильнозасоленных участках урожайность составила 27-32 ц/га при исходной 14-18 ц/га (табл.12). Если учесть, что площадь таких земель до ввода дренажа по совхозу составляла 30-35% от общей, то средний многолетний прирост урожайности хлопчатника, после ликвидации пятнистости засоления составит 5,2-5,8 ц/га. В данном расчете принимается фактический прирост - 2,6 ц/га.

Таблица I2

Объекты	Площадь х-ка, га	Урожайность хлопчатника, ц/га по годам										
		в условиях без дренажа						при работе дренажа				
		I960	I96I	I962	I963	I964	средн.	I965	I966	I967	I968	средн.	прирост
Первая очередь системы (4000 га)	I950	26,0	33,3	I9,3	28,6	20,3	25,5	27,2	26,9	30,3	23,0	28,I	2,6
К-20-33	2I4	-	-	-	-	-	I4,0	-	29,0	30,0	29,5	29,5	I5,5
К-20-34	93	-	-	-	-	-	I8,0	-	-	32,8	28,8	30,8	I2,8

Расчет составляется, исходя из условия получения одинакового проектного дренажного модуля горизонтальным открытым и вертикальным дренажем.

Валовой годовой экономический эффект рассчитывается:

$$Э_г = c(\Delta\omega y + 0{,}33\Delta\omega_1 + \Delta y\omega + 0{,}33\Delta y\omega_1),$$

где ω и $\Delta\omega$ - площадь хлопкового клина и прирост ее вследствие строительства вертикального дренажа взамен открытого горизонтального;

ω_1 и $\Delta\omega_1$ - то же прочих культур;

y и Δy - среднемноголетняя урожайность хлопчатника после внедрения дренажа и прирост ее;

c - средняя закупочная стоимость хлопка-сырца при сдаче его первым сортом 70-75%, вторым-20-25% и третьим-5-10%. Она составляет 43,8 руб/ц.

0,33 - доля дохода от других культур по отношению к I его от хлопка.

Таким образом, годовой валовой экономический эффект по I очереди системы дренажа составляет 537018 руб., или 134,2 руб/га валовой площади, отсюда срок окупаемости системы, рассчитанный по формуле:

$$T = \frac{K_д}{Э_г - Г_э},$$

составляет 5,2 года.

Выводы

I. Исследования, проведенные в совхозе "Пахтаарал", показывают повсеместное ухудшение мелиоративного состояния земель до ввода вертикального дренажа в эксплуатацию. Повышение КЗИ северо-западной части Голодной степи без создания необходимого искусственного дренирования приведет к ухудшению плодородия земель.

2. Откачки из песчаного водоносного горизонта при помощи системы скважин показали наличие высокой гидравлической связи между грунтовыми и подземными водами, возмож-

ность полного регулирования водно-солевого баланса территории, и создания высоких темпов рассоления земель путем проведения комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий.

3. Почвенно-мелиоративные и ирригационно-хозяйственные условия совхоза "Пахтаарал" типичны для северо-западной части Голодной степи и поэтому сделанные на этом объекте выводы по вопросам промывок засоленных земель, режима орошения, использования откачиваемых вод, режима эксплуатации дренажа и т.д., могут быть использованы и на других хозяйствах этой территории в процессе внедрения вертикального дренажа.

Х.ЯКУБОВ, О.М.БЕЛОУСОВ, Д.А.ИКОНОМУ

О ВЕЛИЧИНЕ ПРОМЫВНЫХ НОРМ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГИПСИРОВАННЫХ ПОЧВ

В зоне старого орошения Голодной степи (Шурузякское понижение) и Центральной Фергане (Кзыл-Тепинский массив), где земли недостаточно естественно дренированы, борьба с засолением затруднена наличием в верхней части почвенного профиля (0,7-1,5 м) слабоводопроницаемых гипсированных прослоек, высоким уровнем минерализованных грунтовых и напорностью подземных вод. Для получения высокого урожая возделываемых культур на этих землях необходимо осуществить комплекс мероприятий, направленных на создание оптимального водно-солевого режима в толще зоны аэрации. В числе этих мероприятий промывка земель - одно из основных средств их рассоления. В настоящее время при расчете промывных норм широко используются эмпирические зависимости, полученные на основе анализа опытных данных по рассолению почво-грунтов, и внедряется методика расчета, основанная на математическом описании закономерностей движения солевых растворов. В работе рассматриваются пределы применимости этих эмпирических формул расчета норм промывных поливов для почво-грунтов на той или иной глубине с плотными гипсированными прослойками. При анализе использованы результаты исследований, проведенных в Голодной степи на фоне вертикального и в Центральной Фергане - закрытого горизонтального дренажей.

Общая площадь опытно-производственного участка вертикального дренажа совхоза "Социализм" 3 тыс.га, в том числе орошаемые 1,83 тыс.га дренируются 28 скважинами[x/].

Площадь опытного участка закрытого горизонтального дренажа составляет 350 га и дренируется пятью трубчатыми

---

x/ Иконому Д.А. Научно-технический отчет за 1966-1968 гг.

дренажными линиями, заложенными на глубине 2,8-3,2 м. Удельная протяженность дренажа, включая открытые коллекторы, оконтуривающие границы опытного участка, составляет 31 пог.м/га /8/.

Почвы участков относятся к сероземно-луговым средне- и тяжелосуглинистым с засоленностью от средне- до сильнозасоленных. Местами встречаются пятна солончаков. Для этих почв на глубине от 0,7 до 1,2-1,5 м характерно высокое содержание гипса, обусловливающее низкую водопроницаемость почво-грунтов.

Водно-физические свойства почв участков представлены в табл.1.

Из табл.1 видно, что водно-физические свойства почв участков, за исключением коэффициентов фильтрации, близки между собой.

Грунтовые воды с минерализацией 5-10-23 г/л по плотному остатку до промывки на участке вертикального дренажа залегали на глубине 3-3,5 м, а горизонтального закрытого - 1,8-2,0 м от поверхности земли. В период промывки отмечался подъем грунтовых вод на участке вертикального дренажа до 1,2-1,8 м, а закрытого горизонтального - до 0,2-0,6 м. По пьезометрическим наблюдениям на участке вертикального дренажа напорные воды в период промывок находились на глубине 2,5-3,5 м от поверхности земли. Градиент напора в это время варьировал от 0,14 до 0,18, что обеспечило отток грунтовых вод в каптируемые пласты в размере от 9,8 до 15,5 тыс.$м^3$/га.

На экспериментальных участках при промывных нормах 18,0; 31,2 и 44,5 тыс.$м^3$/га (брутто) в условиях совхоза "Социализм" суммарные запасы легкорастворимых солей в метровом слое снизились на 0,58; 0,99 и 1,01% (при исходном их содержании соответственно 1,85, 2,41 и 2,31% от веса сухой почвы (табл.2). В гипсовом горизонте 1-2 м процесс солеудаления замедляется.

Таблица I

Водно-физические свойства метрового слоя почв опытных участков

Опытные участки	Объемный вес, г/см³	Удельный вес, г/см³	Пористость, %	Пред. полевая влагоемкость (ПВВ), %	Максимальная гигроскопичность, %	Коэффициент фильтрации, м/сутки
Вертикального дренажа, совхоз "Социализм"	I,3-I,6	2,6-2,7	45-63	32-35	7,2-9,0	0,05-0,20
Горизонтального закрытого дренажа, колхоз "Большевик"	I,42-I,63	2,6-2,7	40-47	34-37	-	0,2-2,0

Динамика рассоления почво-грунтов при промывках различными нормами на опытно-производственных участках (по осредненным данным опытов)

Таблица 2

Показатели	Глубина горизонтов, м	Содержание солей, % от веса сухой почвы: плотный остаток до промывки	плотный остаток после промывки	плотный остаток вынесено	хлор-ион до промывки	хлор-ион после промывки	хлор-ион вынесено	сульфат-ион до промывки	сульфат-ион после промывки	сульфат-ион вынесено	m^3/m / $м^3$/га на вымыв 1 т солей: по плотному остатку	по хлор-иону
1966 г. весенне-летняя промывка. N = 18 тыс.$м^3$/га (брутто)	0-1	1,85	1,27	-0,58	0,167	0,043	-0,124	1,20	0,86-0,26		209	947
	1-2	1,65	0,96	-0,65	0,168	0,046	-0,122	0,98	0,68-0,30		367	1000
	2-3	0,74	0,65	-0,09	0,105	0,049	-0,056	0,35	0,39+0,04		1307	2250
	3-4	0,83	0,61	-0,22	0,066	0,053	-0,013	0,45	0,46+0,01		4900	9500
1967-1968 гг. Промывка через культуру риса. N= 44,5 тыс.$м^3$/га (брутто)	0-1	2,31	1,30	-1,01	0,273	0,034	-0,239	1,29	1,03-0,26		287	1236
	1-2	1,53	1,41	-0,12	0,120	0,054	-0,066	0,90	0,90 -		2470	4450
	2-3	0,99	1,05	+0,06	0,120	0,050	-0,070	0,56	0,67+0,11		-	4320
1967 г. Промывка на трех площадках. N= 31,2 тыс.$м^3$/га (брутто)	0-1	2,41	1,42	-0,99	0,335	0,035	-0,300	1,33	0,92-0,41		210,5	700
	1-2	1,59	1,42	-0,17	0,197	0,040	-0,157	0,92	0,87-0,05		1200	2600
	2-3	1,47	1,00	-0,47	0,112	0,063	-0,049	0,59	0,60+0,01		780	3900
1965 г. Промывка на площадках колхоза "Большевик". N=15тыс.$м^3$/га (брутто)	0-1	2,20	1,83	-0,37	0,0374	0,021	-0,0164	-	-	-	198	4950
Там же N=20тыс. " (брутто)	0-1	2,20	1,44	-0,76	0,0374	0,007	-0,0304	-	-	-	204	5100

Общий запас солей в зоне аэрации после промывки при указанных выше промывных нормах снизился соответственно на 0,38, 0,54 и 0,35% (при исходных I,26, I,82 и I,6I%), а остаточное содержание солей по плотному остатку было в пределах 0,87-I,28% от веса сухой почвы.

Количество хлор-иона после промывки в слое 0-I м снизилось с 0,I67-0,335 до 0,035-0,043% от веса почвы, т.е. было вымыто от 74 до 89% от исходных запасов.

В зоне аэрации содержание хлор-иона уменьшилось в среднем с 0,I70 до 0,046% от веса сухой почвы, что составляет 73% от их исходных запасов.

По аниону серной кислоты вынос наблюдался в основном в верхней части почвенного профиля и накопление - в нижележащих горизонтах. На вымыв одной тонны воднорастворимых солей затрачено от 209 до 289 $м^3$, а хлор-иона - от 700 до I236 $м^3$ воды.

При промывной норме I5000 $м^3$/га в к-зе "Большевик" содержание солей в метровом слое снизилось с 2,2 до I,8, а хлор-иона с 0,037 до 0,02I%. С увеличением промывной нормы до 20000 $м^3$/га засоленность уменьшилась соответственно на 0,76 и 0,030% при одинаковом их исходном содержании /8/.

Выяснив возможности применения существующих эмпирических формул для определения величин промывных норм в условиях почво-грунтов с плотными гипсированными прослойками. Эти формулы по их физическому смыслу могут быть разбиты на три группы.

К первой группе отнесены формулы, основанные на предпосылке поршневого вытеснения раствора солей из почвы пресной водой. Запас солей опресняемого слоя почво-грунта переходит в раствор в результате насыщения его до предельной полевой влагоемкости /I5, 2, II/.

Ко второй - отнесена формула В.А.Ковды /9,I0/, согласно которой промывная норма ($У$) прямо пропорциональна степени засоления почв ($х$) с четырьмя коэффициентами, отражающими литологию почвообразующей и подстилающей по-

род (η_1), уровень грунтовых вод (η_2), их минерализацию (η_3), гигроскопический напор грунтовых вод (η_4):

$$y = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot x \cdot 400 \pm 100.$$

И, наконец, к третьей группе отнесены формулы В.Р.Волобуева /3,4,5,6,17/ и П.С.Панина /13/. В.Р.Волобуевым получена формула, аппроксимирующая процесс выщелачивания солей в зависимости от величины промывной нормы на основе графоаналитической обработки детальных полевых исследований и лабораторных опытов промывки засоленных почв в монолитах, взятых из различных районов Азербайджана. Формулы В.Р.Волобуева и П.С.Панина аналогичны.

Расчет промывных норм для описанных выше участков по формулам первой и второй групп дали результаты, заниженные в несколько раз. В связи с этим нами были более детально рассмотрены формулы третьей группы. Формула В.Р.Волобуева, позволяющая определить величину промывной нормы, необходимой для опреснения метрового слоя почвы, записывается в виде

$$N = 10000 \lg \left(\frac{S_0}{S_x}\right)^{\alpha}, \qquad (1)$$

где N – промывная норма, м^3/га;
S_0 – исходное засоление, % от веса сухой почвы;
S_x – требуемое засоление в конце промывки;
α – показатель солеотдачи – параметр формулы.

Эмпирическая формула В.Р.Волобуева (1) может быть получена аналитическим способом как решение дифференциального уравнения:

$$S_x = -\alpha' \frac{dS_x}{dN} \quad (a).$$

Уравнение составлено из соображений прямой пропорциональности скорости выноса солей $\frac{dS_x}{dN}$ имеющемуся количеству S_x; α' – коэффициент пропорциональности.

Пусть до промывки, т.е. при $N=0$, $S_x=S_0$ $(б)$.
Тогда, интегрируя уравнение $(а)$ при условии $(б)$, получаем

$$N=\alpha \lg \frac{S_0}{S_x},$$

т.е. формулу (I).

Параметр формулы (I) - α изменяется в зависимости от водно-физических свойств почво-грунтов и гидрогеологических условий. Учитывая механический состав и тип засоления, В.Р.Волобуев для различных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий подсчитал значения α /3,4,6, I7/. Однако воспользоваться этими значениями в описываемых нами условиях, т.е. при наличии гипсированных трудноводопроницаемых прослоек, невозможно, так как расчетная величина промывных норм намного расходится с фактической.

Промывные нормы, подсчитанные по формуле (I) с соответствующим α, взятым из таблицы, предлагаемой В.Р.Волобуевым, оказались в несколько раз меньше фактических. В связи с этим нами были определены значения показателя солеотдачи α по данным промывок, полученным на вышеуказанных опытно-производственных участках.

По этим данным (засоление до промывки S_0^i, засоление после промывки S_α^i, промывная норма N_h^i), отыскивается такое значение параметра α, при котором уравнение (I) дает решение, близкое к опытному.

Перепишем (I) в виде

$$N_h=\alpha P_x \quad , \qquad (I')$$

где $N_h=\frac{N}{10000}$, $P_x=\lg \frac{S_0}{S_x}$.

Для нахождения α применен метод наименьших квадратов /7,I2,I4,I6/, согласно которому α следует выбрать таким, которое минимизирует функцию

$$f(\alpha)=\sum_{i=1}^{n}[N_h^i-\alpha P_x^i]^2. \qquad (2)$$

Для нахождения минимума дифференцируем (2) по α и результат приравниваем нулю

$$\frac{dF}{d\alpha}=\sum_{i=1}^{n}(N_h^i-\alpha P_x^i)P_x^i=0,$$

откуда

$$\alpha=\frac{\sum_{i=1}^{n}N_h^i P_x^i}{\sum_{i=1}^{n}(P_x^i)^2} \qquad (3)$$

или (в первоначальных обозначениях)

$$\alpha=\frac{\sum_{i=1}^{n}\lg\frac{S_o}{S_x}N^i}{10000\sum_{i=1}^{n}(\lg\frac{S_o}{S_x})^2}, \qquad (3')$$

где n – число промывок.

Значение α согласно (3'), по данным совхоза "Социализм" Шурузякского понижения Голодной степи, равно 12,42 по плотному остатку и 2,59 – по хлор-иону (табл.3).

Таблица 3

Расчет параметра α формулы В.Р.Волобуева $N=10000\alpha\lg\frac{S_o}{S_x}$ по данным промывок в совхозе "Социализм" (по плотному остатку)

№ № п.п	S_o	S_x	N_h^i	P_x^i	$(P_x^i)^2$	$N^iP_x^i$
I	2	3	4	5	6	7
I	2,20	I,60	I,23	0,I38	0,0I9	0,I70
2	2,20	I,47	2,08	0,I75	0,03I	0,364
3	I,60	I,47	0,85	0,037	0,00I	0,03I4
4	2,38	I,96	0,70	0,083	0,007	0,058
5	2,38	I,54	I,86	0,I89	0,036	0,352
6	2,38	I,46	3,I4	0,2I2	0,045	0,666
7	I,96	I,54	I,I6	0,I04	0,0II	0,I2I

Продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5	6	7
8	I,96	I,46	2,43	0,I27	0,0I6	0,309
9	I,93	I,50	0,69	0,II0	0,0I2	0,076
I0	I,93	I,34	I,58	0,I58	0,025	0,250
II	I,88	I,32	I,50	0,I54	0,024	0,23I
I2	I,73	I,32	I,34	0,II7	0,0I34	0,I57
I3	I,6I	I,32	I,07	0,086	0,007	0,092
I4	I,82	I,63	0,77	0,048	0,002	0,037
I5	I,82	I,46	I,74	0,096	0,009	0,I67
I6	I,82	I,20	2,84	0,I82	0,033	0,5I7
I7	I,63	I,46	0,97	0,048	0,002	0,047
I8	I,63	I,20	2,07	0,I33	0,0I8	0,275
I9	I,49	I,20	I,I0	0,086	0,007	0,0946
20	I,72	I,28	I,50	0,I28	0,0I6	0,I92
2I	I,72	I,36	I,30	0,I02	0,0I0	0,I33
22	I,80	I,40	I,40	0,I09	0,0I2	0,I53
23	I,80	I,40	I,50	0,I09	0,0I2	0,I64
24	2,20	I,30	2,00	0,228	0,052	0,456
25	I,73	I,39	I,59	0,095	0,009	0,I5I
26	I,97	I,68	I,04	0,068	0,005	0,07I
27	I,97	I,58	I,50	0,096	0,009	0,I44
28	I,97	I,46	2,07	0,I30	0,0I7	0,269
29	I,76	I,I7	2,00	0,I77	0,03I	0,354
30	I,88	I,36	I,94	0,I4I	0,020	0,274

$\sum_{i=1}^{n} N_h^i = 46,96$ $\qquad$ $\sum_{i=1}^{n} P_x^i = 3,666$

$\sum_{i=1}^{n} (P_x^i)^2 = 0,513$ $\qquad$ $\sum_{i=1}^{n} N_h^i P_x^i = 6,372$

Значения параметра α, полученные на опытно-производственном участке колхоза "Большевик" Ахунбабаевского района Ферганской области в зависимости от механического состава почв варьируются в пределах от 7,2

до 8,5 - по плотному остатку и от I,5 до 2,6 - по ион-хлору.

Типы почво-грунтов по их механическому составу	Значение α для расчета промывных норм по ион-хлору	Значение α для расчета промывных норм по плотному остатку
Тяжелые суглинки	2,6	8,5
Средние суглинки	2,4	7,7
Легкие суглинки и супеси	I,5	7,2

Величина промывной нормы, необходимая для рассоления, может быть определена из графика, построенного по зависимости (I). Например, на рис. I, 2 изображены кривые, характеризующие изменение промывной нормы при различном начальном засолении в зависимости от степени рассоления.

Графически зависимость $N_h = \alpha P_x$ представляет собой прямую, проходящую через начало координат.

Выясним, существует ли аналогичная зависимость $N_h = \alpha' P_x + \beta$, которая является прямой, не проходящей через начало координат, и более точно описывает процесс рассоления.

С помощью метода наименьших квадратов были получены соответствующие α' и β. Чтобы судить о том, какое из двух полученных уравнений ($N_h = \alpha P_x$ или $N_h = \alpha' P_x + \beta$) лучше аппроксимирует данные совокупности точек, были вычислены их дисперсии D_1 и D_2, а затем значимость уменьшения дисперсии (если она существовала) проверялась по критерию Фишера /I4/. Суть критерия заключается в следующем: уменьшение дисперсии следует считать неслучайным, когда

$$\frac{D_1}{D_2} > F_{1-\rho},$$

где $F_{1-\rho}$ берется из таблицы соответственно степеням свободы ($n - \ell_1$), ($n - \ell_2$) и выбранному уровню значимости ρ.

Расчеты показали, что в условиях совхоза "Социализм" следует отдать предпочтение эмпирической зависимости $N_h = \alpha P_x$

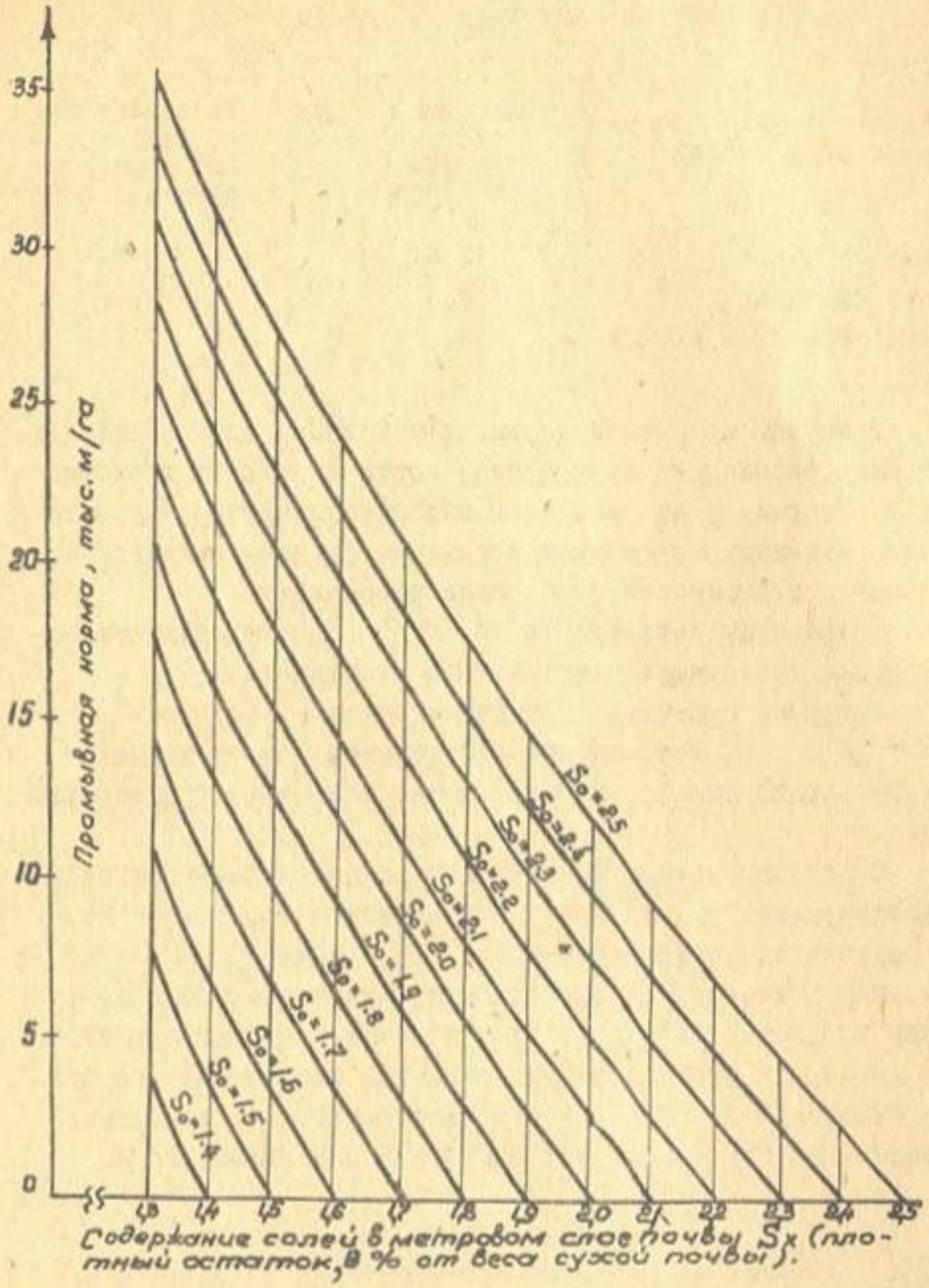


Рис.I.Расчетные кривые промывной нормы по плотному остатку согласно зависимости $N=10000\ fg\left(\frac{S_0}{S_x}\right)^{\alpha}$ при $\alpha=12,42$.

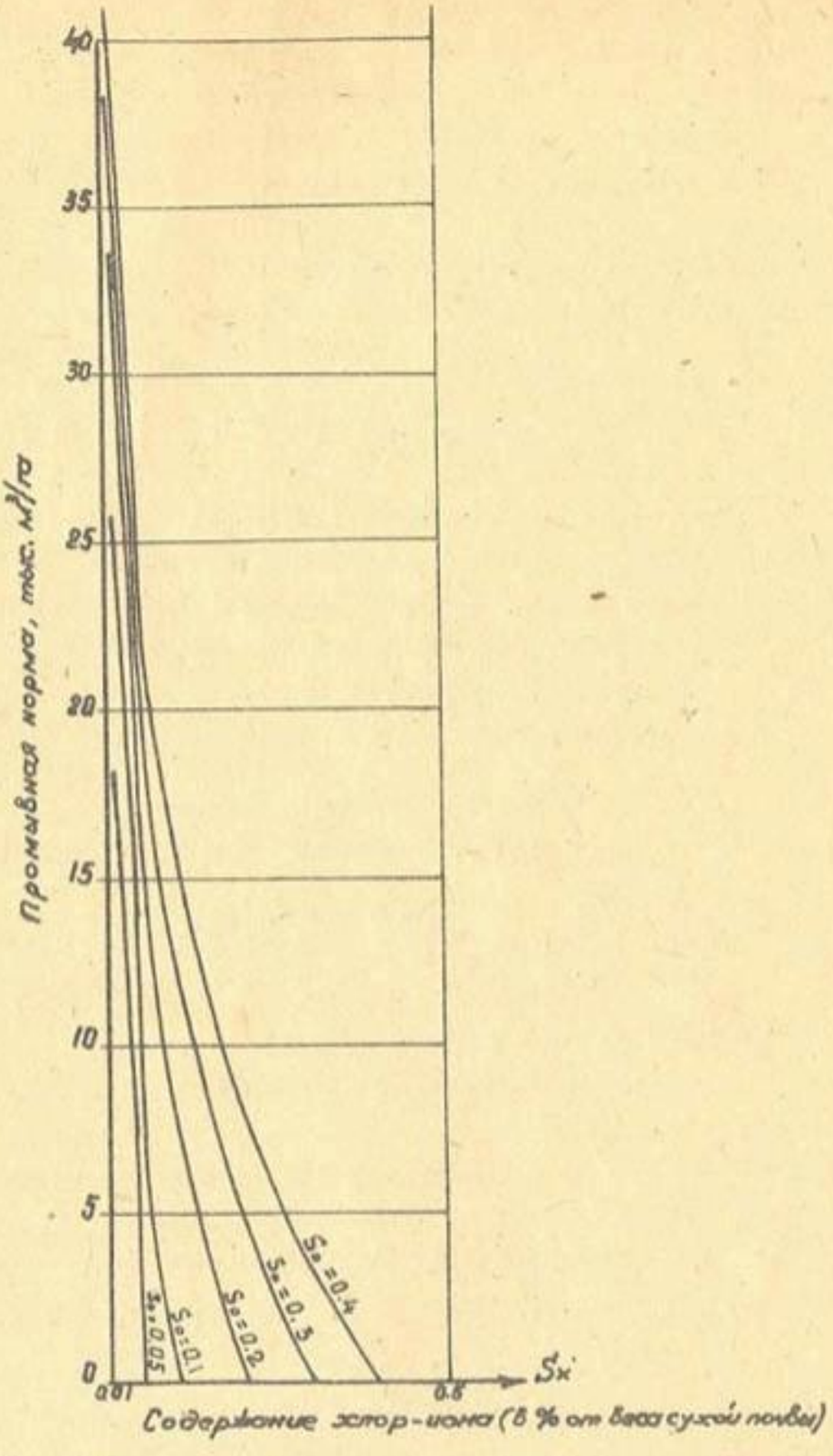


Рис.2.Расчетные кривые промывной нормы по хлор-иону (при α=2,59).

В условиях Центральной Ферганы уменьшение D_2 не является значимым. Однако обращает на себя внимание тот факт, что $\beta \times 10000$ приблизительно равняется дефициту предельной полевой влагоемкости. Это дает основание предполагать, что здесь формула П.С.Панина окажется точнее, нежели В.Р.Волобуева.

Рассмотрим формулу П.С.Панина /13/, которая устанавливает связь вымывания солей с количеством профильтровавшейся воды

$$Q_a = ПК \cdot 2{,}3 \lg \frac{S_i}{S_0}, \qquad (4)$$

где $П$ – полевая влагоемкость данного слоя почвы, м³/га;
K – коэффициент, выражающий зависимость солеотдачи почв от химического состава вымываемых солей;
S_i – исходное засоление данного слоя почвы, т/га;
S_0 – остаточное засоление в том же слое, т/га;
Q_a – активная промывная норма, м³/га.

$$Q_a = Q - q_i - q_h,$$

где q_i – объем испарившейся воды с водной поверхности в период промывок, м³/га;
q_h – объем воды, затраченной на насыщение промываемого слоя почвы до полевой влагоемкости, м³/га.

Перепишем (4) в виде

$$Q_h = \bar{\alpha} \lg \frac{S_i}{S_0}, \qquad (5)$$

где $\bar{\alpha} = \frac{ПК \cdot 2{,}3}{10\,000}$; Q_h – промывная норма в метрах слоя воды.

Методом наименьших квадратов получим значение $\bar{\alpha}$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_h \lg \frac{S_i}{S_h}}{\sum_{i=1}^{n} \left(\lg \frac{S_i}{S_0}\right)^2}. \qquad (6)$$

Вычислим дисперсию для (4)

$$D_n = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left[a_n^i - \bar{\alpha}\lg\frac{S_i}{S_0}\right]^2, \qquad (7)$$

сравним ее с дисперсией D_1. Для $N_n = \alpha \lg \frac{S_0}{S_x}$

$$D_1 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left[N_n^i - \alpha\lg\frac{S_0}{S_x}\right]^2. \qquad (8)$$

Сравнение D_n с D_1 показало, что в условиях Центральной Ферганы формула П.С.Панина дает более точные результаты.

Ниже приведены значения α формулы (4).

Механический состав почв	Значения параметра α для расчета промывных норм по хлору	Значения параметра α для расчета промывных норм по плотному остатку
Тяжелые суглинки	2,8	9,6
Средние суглинки	2,8	6,7
Легкие суглинки и супеси	I,9	5,0

Гидрогеолого-мелиоративные условия и физико-химические свойства почв, для которых выведены эти коэффициенты, описаны выше (колхоз "Большевик").

Для определения параметров эмпирических формул использование данных опытно-производственных промывок - не единственный путь. Эти параметры могут быть найдены экспериментально методом промывки монолитов /5,6,I3/. При расчете промывной нормы (по формуле В.Р.Волобуева) по значению α, определенному методом промывки монолитов (α'), необходимо учесть воду, затрачиваемую на покрытие дефицита влаги (W) и испарение за время промывки E /6/:

$$N = W + E + 10\,000 \lg\left(\frac{S_0}{S_x}\right)^{\alpha'}.$$

Средняя относительная ошибка величины промывной нормы, полученной по формуле В.Р.Волобуева на примере данных совхоза "Социализм" (табл.3), составляет 24%. При расчете больших промывных норм (I5–27 тыс.м^3/га) точность формулы значительно повышается. Например, для данных табл.3 с промывными нормами более I0 тыс.м^3/га точность формулы составляет I8%.

Используя данные промывок (δ_l, δ_0) колхоза "Большевик" и приведенные выше значения коэффициентов, были вычислены величины промывных норм по формуле П.С.Панина. Сравнение с фактическими промывными нормами показало, что среднее отклонение расчетных промывных норм (по ион-хлору и плотному остатку) от фактических составляло для тяжелых и средних суглинистых почв 23–25%, для легко суглинистых и супесей - 29%. Такая точность формул (I), (4) с найденными α относится к определенному интервалу значений для величины водоподачи и степени засоления. Начальное засоление по плотному остатку должно быть в пределах интервала I,5–2,5%, конечное - не ниже I,3%; начальное засоление по ион-хлору не ниже 0,009%, а конечное - не ниже 0,005%. Интервал водоподачи - 5–33 тыс.м^3/га.

Если мы выйдем за указанные границы, то точность формулы будет уменьшаться. Так, например, при увеличении начального засоления и при условии, что конечное засоление не ниже указанного, фактическая промывная норма будет уменьшаться по сравнению с расчетной. Если же начальное засоление находится в указанном интервале, а конечное уменьшать за пределами указанной границы, то фактическая промывная норма будет увеличиваться по сравнению с расчетной.

Указанный интервал засоленности почво-грунтов по плотному остатку (I,5–2,5% от веса сухой почвы) и по ион-хлору (0,009–0,3%) является наиболее распространенным в данных условиях.

Расчет величины промывной нормы для опреснения толщи почво-грунтов более метра В.Р.Волобуев предлагает произво-

дить по формуле /I/:

$$N_h = \alpha \lg \frac{S_o}{S_x} + \frac{\alpha}{\mu} x, \qquad (9)$$

где N_h – промывная норма (нетто) в метрах слоя воды;
S_o – исходное содержание солей в верхнем метровом слое;
S_x – требуемое содержание солеи в конце промывки на глубине x ;
x – требуемая глубина опреснения;
α, μ – параметры формулы.
α, μ могут быть найдены по данным промывок из формул

$$\alpha = \frac{n\sum_{i=1}^{n} \lg \frac{S_o^i}{S_x^i} N_h^i - \sum_{i=1}^{n} \lg \frac{S_o^i}{S_x^i} \sum_{i=1}^{n} N_h^i}{n\sum_{i=1}^{n} (\lg \frac{S_o^i}{S_x^i})^2 - (\sum_{i=1}^{n} \lg \frac{S_o^i}{S_x^i})^2}. \qquad (10)$$

и

$$\mu = \frac{n x \sum_{i=1}^{n} (\lg \frac{S_o^i}{S_x^i} N_h^i - x \sum_{i=1}^{n} N_h^i \sum_{i=1}^{n} \lg \frac{S_o^i}{S_x^i}}{\sum_{i=1}^{n} (\lg \frac{S_o^i}{S_x^i})^2 \sum_{i=1}^{n} N_h^i - \sum_{i=1}^{n} \lg \frac{S_o^i}{S_x^i} N_h^i}. \qquad (11)$$

Данные рассоления в глубь почво-грунтов, полученные в результате промывок на опытно-производственном участке совхоза "Социализм", говорят о том, что коэффициенты α, μ формулы (9) меняются с глубиной x . Например, при $x = 2$ $\alpha = 1{,}25$, $\mu = 2{,}87$, а при $x = 3$ $\alpha = 0{,}86$, $\mu = 2{,}1$. Причины изменения коэффициента еще не ясны и требуют дополнительных исследований. Среднее отклонение фактической промывной нормы от расчетной в случае $x = 2$ составляет 24,4%, а при $x = 3$ – 14,9%.

Зависимость (9) при указанных значениях α, μ и описанных гидрогеологопочвенно-мелиоративных условиях удачно приближает процесс рассоления в интервале, у которого нижняя граница величины промывной нормы при $x = 2$ состав-

ляет 6 тыс.м^3/га, при χ = 3 - 8 тыс.м^3/га, а верхняя граница соответственно равна 26 тыс.м^3/га и 24 тыс.м^3/га.

Данные полевых исследований дают основание считать, что относительно величины водоподачи верхняя граница применимости рассмотренных формул с найденными коэффициентами зависит от уровня грунтовых вод и степени дренируемости территории.

Среднее отклонение величины промывной нормы, полученной по формуле П.С.Панина (κ = 1,57), от фактической для двухметрового слоя в условиях совхоза "Социализм" составляет 25,4%. Расчет производился для ион-хлора.

Рассмотренные нами эмпирические формулы позволяют с удовлетворительной точностью находить величину промывной нормы по заданному начальному и конечному засолению для определенных условий и соответствующих им эмпирических параметров.

Весьма вероятно, могут быть найдены другие формулы, выражающие зависимость величины промывной нормы от начального и конечного засолений, которые более удобны, точны и содержат иные типы функций.

Не довольствуясь существующими эмпирическими зависимостями для расчета промывных норм, в отделе инженерных мелиораций ведется работа по отысканию более "точных" эмпирических зависимостей с более широким интервалом их применения.

Выводы

1. На основе анализа промывок, проведенных в Центральной Фергане и в Мурузякском понижении Голодной степи, получены параметры эмпирических формул В.Р.Волобуева и П.С.Панина для определения величин промывных норм. Значения параметров найдены для почв хлоридно-сульфатного засоления и различных - по механическому составу. Характерной особенностью исследованных почв является высокая гипсированность на глубине 0,7-1,5 м и очень низкий коэффициент фильтрации.

2. Определены границы применимости формул для найденных параметров и данных условий.

3. Параметры рассмотренных эмпирических формул могут быть найдены из данных промывок на основании предлагаемых зависимостей.

ЛИТЕРАТУРА

I. Айдаров И.П. и др. Промывки засоленных земель и методы их обоснования, Научно-техн.отчет по теме: "Разработка методов расчета горизонтального дренажа и промывок на основе полевых производственных исследований", гл.П, М., МСХ СССР, МГМИ, I969.

2. Волобуев В.Р. Промывка засоленных почв, Баку, Азернешр, I948.

3. Волобуев В.Р. О промывных нормах при мелиорации засоленных земель, "Гидротехника и мелиорация", I959, № I2.

4. Волобуев В.Р. Промывка и дренаж засоленных почв, В сб.: "Проблема засоления почв и водных источников", М., Изд-во АН СССР, I960.

5. Волобуев В.Р. Исследование солеотдачи почв методом промывки монолитов, ДАН АзССР, том XXI, I965, № 5.

6. Волобуев В.Р. Количественные критерии оценки солевого режима орошаемых и мелиорируемых земель, Баку, Изд-во АН АзССР, I967.

7. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа, М., Физматгиз, I963.

8. Еременко Г.В., Усманов А. Влияние вегетационных поливов и промывок на солевой режим почв в условиях Кзылтепинского массива Центральной Ферганы, Труды САНИИРИ, вып.I2, I967.

9. Ковда В.А. Уроки и опыт оросительных мелиораций, Из сб. "Материалы объединенной сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР по вопросам мелиорации", Ташкент, Изд-во "Фан", I967.

I0. Ковда В.А., Волобуев В.Р., Дрегне Х., Остап Б., Ашгар А., Пенман Ф., Мелиорация засоленных и солонцеватых почв, М., Изд-во "Наука", 1967.
II. Легостаев В.М. Промывные поливы засоленных почв, М., Сельхозгиз, 1953.
I2. Мелентьев П.В. Приближенные вычисления, М., Физматгиз, 1962.
I3. Панин П.С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв, Новосибирск, Изд-во "Наука", 1968.
I4. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений, М., Изд-во "Наука", 1968.
I5. Розов Л.П. Мелиоративное почвоведение, М., Сельхозгиз, 1956.
I6. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений, М., Физматгиз, 1965.
I7. Технические указания по проектированию горизонтального дренажа засоленных земель, М., ММиВХ СССР и ин-т "Гипроводхоз", 1966.

И.И.КАПЛИНСКИЙ

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БАЛАНСОВЫХ И ДРУГИХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СВЯЗИ С СОСТАВЛЕНИЕМ „ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ"

"Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов" поставила следующие основные задачи:

I) выбор наиболее рациональных по технико-экономическим показателям схем распределения водных ресурсов (поверхностных и подземных) для различных отраслей народного хозяйства;

2) выбор наиболее рациональных технологических схем использования водных ресурсов, выделенных для данной отрасли хозяйства;

3) определение очередности выполнения намеченных водохозяйственных мероприятий.

Схема комплексного использования водных ресурсов должна составляться сначала для бассейнов в целом, а затем на основе побассейновых схем могут решаться вопросы о межбассейновых перебросках воды. Так как в пределах каждого бассейна такая схема должна обеспечить выбор рациональной структуры водного баланса, необходимо знание водного баланса для всего бассейна.

Под рациональной условимся понимать такую структуру баланса, при которой в бассейне в целом безвозвратные потери воды, затраты воды на единицу продукции и себестоимость последней получаются минимальными, а к.п.д. системы - максимально возможным.

Следует отметить, что выполнение поставленных задач требует значительных теоретических, производственных, методических и экономических исследований.

Структура балансового уравнения в настоящее время достаточно выяснена, но определение почти каждого из элементов баланса встречает большие трудности, особенно расчет баланса

грунтовых вод. Одним из наиболее определяемых элементов баланса является испарение. При глубоких грунтовых водах необходимо знать величину испарения, которую определяют методами водобалансовых площадок, теплового баланса и весовых испарителей (гидравлические почвенные испарители из-за дороговизны не получили пока массового применения). При близких грунтовых водах наиболее точны лизиметрический метод и способ теплового баланса. Все эти методы достаточно трудоемки.

Еще труднее выделить из суммарного испарения продуктивную (полезную) транспирацию. Как известно, транспирационные коэффициенты могут изменяться в два и даже три раза. Между тем при характеристике использования оросительной воды нас интересует именно та часть нормы водозабора, которая уходит на создание урожая[x]. Величина ее зависит от комплекса агротехники, от способов и организации полива, планировки орошаемых земель и т.д.

Определение размера величины полезного испарения на единицу готовой продукции требует комплексных исследований объединенными силами агрономов, почвоведов, гидромелиораторов. Зная ее, мы получим потери воды на испарение, которые на данном этапе развития техники практически целиком являются безвозвратными.

Для определения фильтрационных потерь надо знать к.п.д. всех звеньев системы.

Эксплуатационная служба определяет только к.п.д. межхозяйственной сети, которое включает не только фильтрационные потери, но и потери, связанные с утечками в дамбах, в затворах сооружений и т.д. Данных же о к.п.д. хозяйственной сети, а тем более поля, почти нет. Для определения к.п.д. поля требуется уточнить понятие активного слоя почвы, так как, по исследованиям В.В.Колпакова и др., растения потребляют воду и из глубоких подпочвенных горизонтов (I-2 м и даже более глубоких).

Количество воды, сбереженной за счет любых мероприятий по уменьшению потерь на площади, подкомандной оросительной

---

x) При современном состоянии орошения на продуктивную транспирацию используется не более 15-25% воды, забираемой для орошения.

системы можно определить по формуле

$$\Delta W_2 = W_2 \left(1 - \frac{\eta}{\eta'}\right). \qquad (1)$$

Прирост орошаемой площади за счет сэкономленной воды будет равен

$$\Delta F = F\left(\frac{\eta'}{\eta} - 1\right), \qquad (2)$$

где W_2 – головной водозабор;

η – к.п.д. системы (сеть + поле) при существующем состоянии орошения;

W_2', η – то же при тех или иных мерах по улучшению и реконструкции орошения.

$$\eta = \eta_м \cdot \eta_к \cdot \eta_п \qquad (3)$$

$$\eta' = \eta'_м \cdot \eta'_к \cdot \eta'_п \qquad (3а)$$

$\eta_м, \eta_к, \eta_п$ – к.п.д. межхозяйственной, внутрихозяйственной сети и поля при существующем состоянии орошения;

$\eta'_м, \eta'_к, \eta'_п$ – то же при реконструкции.

Зная тот к.п.д., который получается при правильной организации эксплуатации системы, можно правильно оценить эффективность противофильтрационных мероприятий. Однако без достаточно точных данных о фактическом значении к.п.д. и о распределении потерь по видам нельзя правильно выбрать и оценить мероприятия по их устранению. Для наглядности рассмотрим такой пример. Анализ отчетов по водопользованию для ряда систем показал, что к.п.д. сети системы равен 0,45. Из формулы (2) видно, что при переходе на закрытую сеть с к.п.д. $\eta' = 0{,}90$ в первом случае возможный прирост площадей за счет сэкономленной воды будет равен F, а во втором $0{,}5F$, т.е. в два раза меньше. Соответственно изменится и экономическая оценка эффективности закрытой сети.

С другой стороны, анализ состояния эксплуатации системы показал, что при устранении потерь, связанных с пло-

хой организацией эксплуатации межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, можно добиться к.п.д. порядка 0,60, что, конечно, потребует определенных капитальных и эксплуатационных затрат. Правильная оценка эффективности капитальных мероприятий по реконструкции орошения может быть дана лишь при выявлении результатов эксплуатации существующих систем и необходимых для этого средств. К сожалению, эти очевидные положения в настоящее время не учитываются, что в значительной степени объясняется отсутствием полноценных данных об использовании воды в системах.

Это же обстоятельство резко сказывается и на точности определения запасов подземных вод. Для рассмотренного примера в первом случае (при к.п.д.0,45) фильтрационное питание подземных вод будет на 37,5% больше, чем во втором. Поэтому к числу важнейших вопросов, которые для своего разрешения настоятельно требуют организации комплексных производственных балансовых исследований, следует отнести изучение фактического режима орошения и фактических норм водопотребления сельскохозяйственных культур.

Как известно, не все фильтрационные потери являются безвозвратными. Часть из них выклинивается в русла рек и карасу, увеличивает дебит родников и используется на орошение данной системы и за ее пределами. Другая часть, вызывая подъем грунтовых вод, тратится на продуктивную транспирацию и на бесполезное испарение. Наконец, часть их может быть использована на искусственные горизонтальное и вертикальное дренирования. Поэтому для определения методов и объемов работ по уменьшению фильтрационных потерь необходимо

а) выяснить взаимозависимость между потерями на фильтрацию, уровнем грунтовых вод и размером дренажного стока;

б) выяснить динамику водопотребления в зависимости от уровня грунтовых вод;

в) разработать методику всесторонней технико-экономической оценки эффективности различных мероприятий по улучшению и реконструкции орошения.

Из сказанного следует, что балансовые исследования, связанные с определением элементов общего водного баланса и

баланса почвенно-грунтовых и подземных вод, изучением взаимозависимостей между ними и методики их нормирования, должны включать и разработку методики правильной технико-экономической оценки способов регулирования водного баланса при комплексном использовании поверхностных и подземных вод, что связано с комплексом агро-лесо-гидромелиоративных мероприятий, с коренной реконструкцией орошения на основе внедрения механизированных методов полива, капитальных мер по борьбе с фильтрацией, новых методов дренажа и т.д. При этом имеется в виду, что регулирование водного баланса обеспечивает и регулирование солевого баланса.

Таким образом, балансовые исследования должны иметь конечной целью обоснование правильного выбора методов регулирования солевого баланса при различных способах орошения.

Исходя из этих установок, основные разделы исследования должны быть следующие:

I) структура водного баланса поля, хозяйства (севооборотного массива) и оросительной системы в разрезе отдельных гидрогеологических зон, а также структура водного баланса отдельных межгорных впадин в целом;

2) изменение водопотребления сельскохозяйственными культурами в зависимости от глубины залегания грунтовых вод;

3) роль подземных вод в водном балансе и балансе почвенно-грунтовых вод (подземный водообмен - горизонтальный и вертикальный);

4) роль оросительных вод и осадков в формировании потока грунтовых вод при различных способах полива, транспортировки воды, уровнях эксплуатации и агротехники;

5) исследование величины естественного выклинивания подземных вод в русла рек и карасу и работы искусственного дренажа;

6) взаимозависимости (аналитические и корреляционные) между элементами водного баланса;

7) изменение элементов баланса в пространстве и во времени;

8) сравнительное изучение различных методов определения элементов баланса.

Практические цели исследований заключаются: в установлении роли различных источников поступления воды в покрытие нормы водопотребления; в определении показателей использования оросительной воды и влияния потерь на режим грунтовых вод; обосновании комплекса мероприятий по улучшению эксплуатации, повышению к.п.д. системы и ее звеньев и предотвращению засоления и заболачивания орошаемых земель; определение динамических и эксплуатационных ресурсов подземных вод и установление объема их, который должен быть отведен с помощью дренажа (горизонтального и вертикального).

При решении перечисленных выше задач следует иметь в виду, что некоторые из них требуют изучения баланса крупных регионов (например, определение ресурсов подземных вод), а некоторые - изучения элементов баланса отдельных их частей. Следует учесть, что точность баланса как правило тем больше, чем крупнее территория, но изучение размеров отдельных элементов и взаимозависимостей между ними требует постановки исследований на отдельных участках. Поэтому, на наш взгляд, изучение баланса следует проводить по следующей схеме: регион, типовые системы основных гидрологических зон (с составлением на основе этого баланса каждой зоны в целом), хозяйства на типовых системах и поля отдельных культур (внутри хозяйств), на которых организуются балансовые участки для детального изучения элементов баланса.

Так, например, для Киргизии основными регионами будут Чуйская впадина, Таласская впадина, Иссык-Кульская котловина, Ош-Карасуйский оазис, Баткенская впадина, Кугартская долина, характерные впадины Тянь-Шаньской области (Кочкорская, Джумгальская и др.).

С целью сокращения объема и стоимости исследований, мы предлагаем изучение методов регулирования баланса сконцентрировать на типовых системах и хозяйствах и проведение на них не только чисто балансовые, но и другие водохозяйственные исследования (новая техника транспортировки воды и полива, автоматизация процессов орошения, изучение режима орошения при различных способах полива и т.д.). При этом количество участков, на которых организуются детальные исследования элементов

баланса, свести к минимуму.

Следует использовать существующие наблюдения органов эксплуатации (МВХ, Управление геологии и охраны недр, Управление гидрометслужбы и др.организаций) и обеспечить широкое развитие производственных исследований на оросительных системах. Успех обеспечит комплексность в изучении объекта, проведение исследований по единой методике на современном техническом и теоретическом уровне.

Необходимо отметить, что при наличии достаточно точных данных балансовой гидрометрии и режимных наблюдений на системах можно получить достоверные сведения по ряду элементов баланса (фильтрационные потери, изменение запасов грунтовых вод и т.д.). Поэтому для решения конкретно поставленных задач нужно использовать ведущиеся сейчас режимные (УГиОН,МВХ), гидрометрические (УГМС, ИВХ) и метеорологические (УГМС) наблюдения; расширить состав этих наблюдений (увеличить число скважин, гидрометрических постов, наблюдений за испарением на метеостанциях и т.д.) и на базе одного из балансовых участков организовать стационарную водобалансовую станцию, которая играла бы роль научно-методического центра по этим исследованиям.

На примере исследований, проведенных в Чуйской впадине, можно проанализировать последовательность мероприятий, необходимых для повышения комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Как известно, Чуйская впадина ограничена Киргизским хребтом на севере и Заилийским Алатоо на юге. Восточной границей впадины принято считать место выхода реки Чу из Боомского ущелья, а западной - р.Аспара и Курагата (республиканская граница проходит по р.Аспара).

Река Чу делит впадину на две неравные части: узкую - правобережную и широкую - левобережную. В восточной части впадины вдоль реки Чу проходит река Красная, питающаяся выклинивающимися водами.

По рекомендации П.Г.Григоренко, левобережная часть делится на три балансовых района, отличающихся один от другого

морфологическими, гидрологическими и гидрогеологическими условиями.

Первый район охватывает западную часть Чуйской впадины (бассейны рек Аспара, Талды-Булак, Джарлы-Каинды, Чолок-Каинды, Чон-Каинды). Этот район характерен относительно малыми размерами среднегодовых расходов рек (до 3,0 $м^3$/сек), наличием развитой пролювиально-аллювиальной равнины (шириной до 90-120 км), в пределах которой распространены напорные воды с пьезометрическим уровнем выше поверхности земли.

Второй район включает центральную часть Чуйской впадины - бассейны рек Карабалты, Ак-Су, Сокулук, Джаламыш, Ала-Арча и Аламедин. Эти реки имеют сравнительно мощные конуса выноса. Среднегодовой расход их достигает 6,0 $м^3$/сек. Ширина равнинной части постепенно уменьшается. Уменьшаются и площади распространения артезианских вод.

Третий район расположен в восточной части впадины - бассейны рек Норус, Иссык-Ата, Кегеты, Талды-Булак, Бурана, Шамси и Кызыл-Су. Среднегодовой расход некоторых из этих рек достигает 7,0 $м^3$/сек, и они имеют наиболее мощные конусы выноса. Равнинная часть сужается и в восточной части предгорный шлейф примыкает непосредственно к современной долине р.Чу.

На территории Чуйской впадины с 1933 г. Чуйской гидрогеологической станцией проводятся регулярные режимные наблюдения. К настоящему времени около 300 наблюдательных точек. Основная опорная сеть расположена по Токмакскому, Кантскому, Сокулукскому, Маловодному, Калининскому, Чалдоварскому створам. Режимные наблюдения проводятся также органами МВХ.

В 1952-1955 гг. была сделана попытка начать балансовые наблюдения на Чуйском участке Атбашинской системы. Однако они так и не были развернуты в достаточном объеме.

На территории впадины было пробурено около 300 разведочных скважин, в том числе несколько скважин глубиной более 400 м. Выполнены довольно многочисленные почвенно-мелиоративные и гидрогеологические исследования.

Надо отметить, что если бы работы проводились с самого начала по единому плану и комплексно, то многие из поставленных задач были уже решены.

В 1958 г. балансовые работы начаты в пределах одного района в системе р.Джарлы-Каинды, являющейся частью Панфиловского УОС. Это связано с тем, что в этом районе находятся участки опытных откачек для изучения вертикального дренажа и основные приросты орошаемых земель по IУ-й дистанции БЧК, что позволяет совместить балансовые исследования с изучением возможностей использования подземных вод на орошение, вопросами мелиорации засоленных земель и др.

К настоящему времени организованы три балансовых участка: в предгорной зоне (зона формирования подземных вод) - Панфиловский участок; в зоне интенсивного выклинивания - Каиндинский участок; в зоне слабого выклинивания - Чалдоварский участок.

Первый и третий участки организованы Чуйской гидрологической станцией, а второй - ИнЭВХ АН КиргССР.

В 1961 г. ИнЭВХ установил на 3-м участке 14 лизиметров. ИнЭВХ ведутся также наблюдения за балансом Панфиловской системы в целом и ее отдельных зон (предгорной, интенсивного выклинивания, (неглубокого залегания грунтовых вод). Однако по целому ряду причин только на Каиндинском участке (с 1960 г.) ведется полный комплекс наблюдений.

В 1961 г. по Маловодному створу Чуйской гидрогеологической экспедицией установлены кусты пьезометров для изучения вертикального водообмена. В этом же году ими начаты исследования по подрусловому притоку по р.Джарлы-Каинды.

До сих пор не удалось организовать необходимые наблюдения за балансом поверхностных вод - отсутствуют наблюдения за сбросными расходами на северной границе системы, недостаточно число постов на карасу.

КиргНИИВХ в 1959 г. проведены некоторые работы по изучению баланса Карабалтинской, Иссык-Атинской и Атбашинской систем, а также западной части БЧК. В 1958-1961 гг. обобщены данные по водному балансу Чуйской впадины в целом и по определению запасов подземных вод (работы Цветкова, Мещевцева, Каплинского, Архангельской). Все эти работы показали, что из-за недостатка данных, в частности истинных показателей использования воды в различных звеньях сети, при решении ряда вопросов (например, при определении запасов подземных вод) приходится прибегать к разного рода допущениям. Это обусловливает низкую точность таких расчетов (не более 30-50%). Не исключена возможность еще более значительных отклонений, что может привести (и приводит) к значительным ошибкам при определении эффективности водохозяйственных мероприятий и неправильному направлению капиталовложений.

Опыт проведенных исследований показал, что научные организации могут решить только часть поставленных задач. Мы предлагаем для обсуждения следующую программу исследований для Чуйской впадины (таблица). Для других районов Киргизии может быть принята аналогичная схема. Надо только учесть, что содержание исследований может быть значительно сокращено за счет использования тех данных по Чуйской впадине, которые могут быть в той или иной степени распространены и на другие регионы.

Оценивая предлагаемую программу исследований, считаем необходимым обратить внимание на следующие моменты:

I) работы по пп. I-4 прилагаемой таблицы в той или иной степени проводятся или должны быть проведены в связи с теми или иными проектными проработками (строительство левобережного обводного канала, положение о вододелении по р.Чу, орошение из карасу и подземными водами и т.д.). Без этих работ возможны крупные просчеты, которые в конечном итоге будут стоить намного дороже, чем проведение исследований.

Таблица

№ п.п.	Цель работ и периоды выполнения	Содержание и объем работ	
I	2	3	4
I.	Уточнение баланса поверхностных вод впадины и ее отдельных зон. Установка и оборудование гидрометрических постов – I год. Наблюдения – 3 г. (Впоследствии значительная часть постов может быть использована для повседневных нужд эксплуатации)	а) установка дополнительных гидрометрических постов на сбросных руслах и карасу по шоссе Токмак-Чалдовар, Зап.БЧК, на пересечении с Атбашинским каналом и на границе с Казахской ССР и на крупных коллекторах. Всего около 50 постов. Значительную часть постов надо оборудовать самописцами с недельным заводом;	МВХ КиргССР
		б) проведение исследований по уточнению паводкового стока и учету стока с временно действующих водотоков и водотоков, не оборудованных постами	УГМС
2.	Уточнение руслового баланса реки Чу. (3 года)	а) установка дополнительных постов на р.Чу в начале и конце провальной зоны и в устье р.Курегата;	УГМС
		б) то же на отдельных сбросных руслах;	
		в) исследование размеров выклинивания (и фильтрации) в руслах р.Чу и Красная с помощью створов пьезометров и наблюдательных скважин с определением водно-физических свойств и коэффициентов фильтрации при бурении. Всего 5–6 створов по 4 куста пьезометров в каждом. В каждом кусте устанавливаются пьезометры на глубины 4,12,24 (36) м и наблюдательная скважина 4–5 м. Общий погонаж бурения около 1000-1200 м. Диаметр 2-3"	УГиОН
3.	Определение размеров подруслового притока по р.Чу, Иссык-Ата, Карабалта, Джарлы-Каинды (3 года)	Бурение скважин с целью определения мощности аллювиальных отложений, скоростей фильтрации и уклонов потока. Объем работ должен быть уточнен после анализа выполненных и уже запланированных работ	УГиОН КГГЭ
4.	Определение размеров подземного оттока по западной границе впадины (3 года)	Бурение 3-х створов скважин на западной границе (по 2 скважины в каждом). Возможно использование существующих скважин. Новые скважины должны быть переданы для эксплуатации с тем, чтобы затраты на их строительство были оправданы и хозяйственными нуждами	"
5.	Изучение закономерностей изменения вертикального подземного водообмена по направлению потока подземных вод (3 года)	Установка створов пьезометров по Карабалтинскому и Чалдоварскому створам около существующих наблюдательных скважин. Общий погонаж бурения порядка 1000-1200 м. Диаметр 2-3"	"
6.	Изучение размеров фильтраций из крупных каналов и ее влияния на режим грунтовых вод Установка – I год Наблюдения – 2 года	Установка (в дополнение к существующим балансовым ГМП) створов наблюдательных скважин и пьезометров на БЧК и Атбашинском каналах. Скважины глубиной 3–4 м на расстояниях 0,5,15,50,100,200,400 м по обе стороны от уреза воды в канале. Пьезометры в первых 4-х точках на глубинах 3,6,9,12 м. Всего 4 створа. Общий погонаж бурения порядка 1000 м. Диаметр 1"	КГГЭ

1	2	3	4
7.	Изучение динамики испарения в типичных гидрогеологических зонах (3 года)	Определение испарения методом теплового баланса на полях основных с/х культур на метеостанциях Байтык, Чон-Арык, Токмак, 20 лет Октября, Чуйская. По возможности организовать также определение испарения с водной поверхности	УГМС
8.	Изучение динамики запасов влаги в зоне аэрации (в предгорной зоне в слое 1-2 м, в равнинных зонах до грунтовых вод) (3 года)	Взятие проб на влажность на полях основных с/х культур по горизонтам через 20 см или определение влажности емическим, гаммаскопическим или нейтронным способами на этих же станциях	"
9.	Изучение фактических размеров фильтрационных потерь и величины к.п.д. межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети, методов борьбы с потерями и другие водохозяйственные исследования (1 год)	Организация опытно-производственных систем - Панфиловской, Карабалтинской (или Аксуйской) и Иссык-Атинской (предгорная зона), Атбашинской. Некоторое дооборудование этих систем и увеличение эксплуатационного штата на 2-3 единицы	МВХ
10.	Изучение фактических размеров поливных норм, потерь воды на полях при существующих и новых методах техники и организации полива (2 года)	Организация опытно-производственных хозяйств или орошаемых участков КиргНИИЗ, КиргСХИ, совх. Чалдовар (желательно и на одном из хозяйств Атбашинской системы). Стоимость водохозяйственного строительства окупается, согласно проекта, в течение 4-5 лет	МСХ
11.	Изучение элементов баланса почвенно-грунтовых и подземных вод. Строительство и установка оборудования (2 года). Наблюдения на участках (3 года). I участок - стационарный	а) дооборудование существующих балансовых участков и проведение на них наблюдений;	КГТЭ
		б) устройство нового балансового участка и стационарной водобалансовой станции в совхозе Чалдовар;	КиргНИИВХ
		в) устройство балансовых участков с сокращенным объемом и сроком наблюдений на Атбашинской и Иссык-Атинской системах	
12.	Изучение режима грунтовых вод	Пересмотр расположения и упорядочение существующей сети, включая сеть МВХ (паспортизация и ремонт скважин, уточнение отметок и т.д.). Расширение сети в правобережной части впадины и в предгорной зоне	КГТЭ МВХ

Примечание. 1. В полный комплекс исследований должно войти также изучение притока трещинных вод с горного обрамления впадины (Киргизский хребет на юге, Заилийское Алатоо на севере). Изучение этого вопроса требует бурения глубоких скважин (с производством опытных откачек) на верхней (южной границе предгорной зоны), геофизической разведки, а также балансовых исследований в горной зоне. В то же время роль этой статьи прихода будет выяснена после уточнения баланса Чуйской впадины. На данном этапе ее можно полагать незначительной. Поэтому эти работы не включены.

2. Имеется в виду использование данных исследований, проведенных ранее и проводимых сейчас на опытных участках горизонтального и вертикального дренажа.

Достаточно сказать, что суммарные расходы карасу левобережья впадины по одним данным равны 14,5 м^3/сек, а по другим - 7,0 м^3/сек;

2) работы по пп. 9-11 (организация опытно-производственных систем и хозяйств и исследований на них) необходимы для правильного решения широкого комплекса вопросов внедрения новой техники орошения и освоения орошаемых земель. При этом затраты по пп. 9,10 должны быть отнесены за счет работ по развитию и реконструкции орошения, которые себя экономически вполне оправдывают;

3) работы по пп. 5-8, 12 также в значительной степени связаны с обслуживанием различных запросов сельского хозяйства и водоснабжения;

4) суммарные затраты, которые сейчас производятся различными научными и производственными организациями на разрозненные и неполноценные (из-за отсутствия совершенной экспериментальной базы) исследования, в конечном итоге превосходят затраты, необходимые для организации комплексных водохозяйственных и балансовых исследований, без проведения которых невозможно правильное решение ряда задач "Генеральной схемы..." Перечисленный объем - это программа-максимум, предусматривающая наиболее полный комплекс исследований, дающий наибольший научный и практический результат. Объем некоторых работ (например, по пп.3-6) можно сократить.

Самый минимальный объем, который с значительно меньшей полнотой и точностью позволит решить ряд вопросов, поставленных непосредственно перед балансовыми исследованиями, следующий:

1. Организация балансовой гидрометрии на Панфиловской системе (по зонам), а также в предгорной зоне Иссык-Атинской системы и в Атбашинской системе. На этих же системах организовать эксплуатационные исследования по определению к.п.д. внутрихозяйственной сети, к.п.д. полива и профилактических поливных норм. Это позволит получить данные по размерам фильтрационных потерь в сети и на полях, размерах выклинивания в карасу (на Панфиловской системе).

2. Увеличение сети наблюдательных скважин на этих системах с тем, чтобы получить возможности изучить поступление фильтрационных потерь в грунтовые воды. Необходимо еще раз подчеркнуть, что такие наблюдения являются, согласно действующим инструкциям по эксплуатации, обязательными для всех оросительных систем.

3. Проведение полного комплекса наблюдений на Панфиловском, Каиндинском и Чалдоварском балансовых участках.

Цель этих наблюдений - получение данных по всем элементам баланса, а в особенности по всем видам испарения (с помощью лизиметров, испарителей и способа теплового баланса), подземному водообмену, динамике запасов воды в зоне аэрации (влажность определяется весовым, а также тензиометрическим, нейтронным и гаммаскопическим способами), водопотреблению отдельных культур в зависимости от уровня грунтовых вод, структуре баланса полей отдельных культур.

4. Организация наблюдений за испарением по методу теплового баланса и запасами воды в зоне аэрации на перечисленных выше метеостанциях УГМС, в связи с чем отпадает необходимость в организации балансовых участков в центральном и восточном районах впадины, как это предлагалось в плане работ Чуйской гидрогеологической станции. По этому плану намечалось организовать 4-й балансовый участок в горной зоне Панфиловской системы (в вершине конуса выноса Джарлы-Каинды), 4 балансовых участка в центральном районе (в системах рек Карабалты или Ак-Су) и 3 - в восточном районе (система р.Иссык-Ата). В настоящее время есть вариант, по которому предусмотрено оставить 3 участка в западном районе, 3 - в центральном (р.Ак-Су), 2 - в системе р.Иссык-Ата и I - в системе р.Кызыл-Су в самой восточной части впадины.

X) Желательна только организация балансовых участков на Атбашинской (зона транзитного стока) и Иссык-Атинской (предгорная зона) системах с сокращенным объемом и сроком наблюдений (2 года). Последние должны быть сконцентрированы на изучении баланса полей (8-10 га) - 2-3-х основных культур с получением данных по испарению, водопотреблению, фактическому режиму орошения и вертикальному водообмену. Организация этих участков и наблюдения на них могут быть выполнены силами ИнЗВХ с помощью ЧГГС, в особенности в части устройства наблюдательных скважин.

Полученный опыт организации балансовых участков показывает, что это очень трудоемкое дело, осложненное отсутствием кадров.

Данные по испарению и динамике запасов воды в почве в зависимости от уровня грунтовых вод и уточнение баланса поверхностных вод характерных зон дадут возможность достаточно точно решить и баланс подземных вод.

Мы не останавливаемся на методике исследований, которая подробно освещена в разработанных нами рабочих программах и инструкциях. Отметим лишь, что по каждому элементу баланса предусмотрено применение наиболее современных методов, а также взаимоконтроль с помощью различных способов наблюдений. Для предгорной зоны мы ориентируемся на решение уравнения баланса почвенных вод и баланса подземных вод по Каменскому и Крылову. Для остальных зон - на уравнение баланса почвенно-грунтовых вод по Вавилову и упомянутые уравнения баланса подземных вод.

Несколько слов о желательной длительности наблюдений. Здесь надо отметить следующее:

I. Вся программа - максимум для решения поставленных задач при современном состоянии орошения и орошаемого земледелия может быть выполнена до 1975 г. При этом длительность наблюдений на каждом балансовом участке может быть ограничена 5 годами (для дополнительных участков даже двумя годами).

2. Решение же задач регулирования водного баланса с помощью новой техники орошения и дренажа и новых методов агротехники требует, на наш взгляд, организации стационаров. Эти стационары нами мыслятся в виде:

а) опытно-производственных систем и хозяйств, где концентрируются силы научных и производственных организаций для проведения широких производственных исследований в направлении, ориентировочно соответствующем упомянутым выше работам;

б) сохранении всех 3-х балансовых участков на Панфиловской системе с превращением Чалдоварского участка в постоянную водобалансовую станцию, где были бы сконцентриро-

ваны научные и методические исследования по вопросам изучения водного баланса и путей его регулирования. По истечении определенного периода времени можно было бы закрыть Каиндинский участок.

Что касается Панфиловского участка, то учитывая специфику предгорной зоны, его надо сохранить на достаточно длительный срок (изучение процессов просачивания при глубоких грунтовых водах, конденсации и т.д.) как опорный пункт проектируемой водобалансовой станции;

в) организации в системе АН КиргССР современной мелиоративной лаборатории, где бы гидромелиораторы, физиологи, агрономы и почвоведы имели бы возможность (в частности в помещениях искусственного климата) изучить особенности регулирования водопотребления растений и водно-солевого режима почвы с целью получения максимально возможных урожаев, сведения к минимуму затрат воды на единицу продукции и углубления теоретических основ мелиорации и орошаемого земледелия.

Конечно, создание стационарной водобалансовой станции, мелиоративной лаборатории требует значительных затрат. Однако вряд ли можно считать необоснованным стремление создать в орошаемых районах станцию типа Валдайской, т.е. современную экспериментальную базу.

Чуйская впадина, где площадь орошаемых земель в перспективе достигнет 500000 га, по своим водохозяйственным и гидрогеологическим условиям по состоянию изученности является исключительно интересным и благодарным объектом для постановки комплексных полноценных исследований на современном уровне. Что касается затрат, то они себя полностью оправдают, ибо, как уже сказано ранее, они в конечном итоге будут меньше затрат, производимых различными организациями в разрозненных точках, в разное время, по различной методике и поэтому теряющих очень много в своей научной и практической ценности.

Итак, основной смысл наших предложений по организации балансовых исследований:

I) в максимальной увязке "чисто" научных и производственных исследований с упором на повышение роли последних

(превращение оросительных систем в естественные лаборатории);

2) в комплексном исследовании балансовых и других водохозяйственных проблем, а также в объединении для этих целей усилий различных организаций;

3) в соединении исследований по изучению баланса с изучением комплекса методов по регулированию водного баланса.

Надо иметь в виду, что полноценное проведение исследований на примере одной впадины позволит резко сократить их объем по другим регионам. Это связано с тем, что на основании полученных данных можно будет обоснованно отобрать наиболее важные вопросы, обобщить некоторые данные и, наконец, выработать наиболее правильную и простую методику для изучения каждого вопроса.

На наш взгляд, при таком решении поставленных задач можно будет вскрыть неисчерпаемые резервы повышения производительности труда в орошаемом земледелии, которые заключаются в правильном использовании водных ресурсов и обеспечить разработку оптимальной схемы их использования.

М.И.КАПЛИНСКИЙ, В.И.КОСТЮК

ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ[x)]

§ I. Цели и задачи воднобалансовых исследований

Составление водного баланса орошаемых земель необходимо для решения многих мелиоративных и водохозяйственных задач, а именно:

I) оценка существующего мелиоративного состояния земель, прогнозирование режима уровней и минерализации грунтовых вод, солевого баланса почво-грунтов и мелиоративного процесса;

2) выбор на этой основе схемы мероприятий по регулированию водного и солевого режимов почво-грунтов, по предотвращению засоления и заболачивания и улучшению существующих мелиоративно неблагополучных земель, по комплексному использованию водоземельных ресурсов;

3) определение рационального режима орошения;

4) установление количества воды, которое должно быть отведено дренажем (горизонтальным и вертикальным);

5) определение степени использования всех источников поступления воды на покрытие норм водопотребления сельскохозяйственных культур (и других потребителей);

6) выявление величины потерь воды в оросительной сети и на полях, ее влияние на уровень грунтовых вод и установление к.п.д. всех звеньев (межхозяйственная и внутрихозяйственная - постоянная и временная сеть и поле) оросительной системы и обоснование выбора комплекса мероприятий по повышению к.п.д. системы и улучшению эксплуатации;

7) определение динамических и эксплуатационных ресурсов подземных вод и способов их использования с учетом ирригационно-мелиоративных условий нижележащих земель и т.д. /9/.

---

x) Составлено на основании исследований, выполненных в КиргНИИВХ за 1958-1967 гг. /8, 42-49/, работ ВСЕГИНГЕО /9, I6-I8, 2I, 23/, ГГИ /7, I9, 20, 22, 24-28, 38, 39/ и др.

§ 2. Уравнения водного баланса

I. Различают: I) общий водный баланс орошаемой территории; 2) баланс поверхностных вод; 3) баланс грунтовых вод; 4) водный баланс зоны аэрации или "баланс почвенных вод". Первый из балансов является суммой трех остальных /I/.

В литературе приводятся многочисленные уравнения общего и частных водных балансов. Отражая то положение, что изменение запасов воды равно разности между ее приходом и расходом, они отличаются степенью детализации приходных и расходных элементов баланса. Совершенно очевидно, что чем полнее, детальнее учтены эти элементы, тем больший круг вопросов и с большей точностью может быть решен на основе принятого уравнения. В то же время излишняя детализация расчетных уравнений увеличивает трудности в их решении. Поэтому выбор расчетного уравнения должен быть сделан конкретно в зависимости от задач расчетов и требуемой степени точности их.

Предлагаемые ниже уравнения Аверьянова С.Ф. и Вавилова А.П. позволяют решить задачи, поставленные перед балансовыми расчетами. Можно применять и другие уравнения (Крылова М.М., Каменского Г.Н. и других).

2. Водный баланс орошаемой территории выражается уравнением /I, IO/:

$$\Delta W = B + \Pi + \Pi + A + C - E - Q, \qquad (I)$$

где ΔW – суммарное изменение запасов воды в границах рассматриваемой территории[x];

B – водозабор;

Π – приток поверхностных вод (помимо водозабора);

Π – приток подземных вод (со стороны по пласту или снизу – напорных вод);

A – атмосферные осадки;

C – суммарные сбросы за пределы территории по коллекторно-сбросной сети;

---

x) Как правило при пользовании уравнением (I) изменением запасов поверхностных вод пренебрегают и, если вместо A подставить количество впитавшихся в почву осадков, оно превращается в уравнение баланса почвенно-грунтовых вод.

E - суммарное испарение;

g - подземный отток.

Баланс поверхностных вод (в теплый период):

$$\Delta V = A + \Pi + B - B_п - C - E_в \pm \Delta B_g , \qquad (2)$$

где ΔV - изменение объема поверхностных вод на оросительной системе;

$B_п$ - величина поверхностных вод, впитавшихся в почву;

$E_в$ - испарение с водной поверхности;

ΔB_g - изменение объема воды в водотоках и водохранилищах.

В общем случае баланс поверхностных вод определяется изменением запасов воды в снеге и ледяной корке $\Delta C_п$, в болотах и заболоченных понижениях $\Delta Б$, в водоемах, водотоках и временных скоплениях воды в понижениях ΔB_g:

$$\Delta V = \Delta C_п + \Delta Б + \Delta W_g .$$

Запасы воды в снеге определяются по снегомерным съемкам /27, 34, 35/, изменения запасов воды на болотах - по изменению уровня ΔH с учетом среднего коэффициента водоотдачи μ, т.е. $\Delta H \cdot \mu$, а изменения запасов воды в водоемах и водотоках - по изменению объема их наполнения (обычно используются характерные для водоемов кривые зависимости объемов и площадей водного зеркала от глубины).

Баланс почвенных вод:

$$\Delta W_п = O_р + A + \Sigma(1-\alpha_i)\Phi_{кi} - E - \bar{C} \pm g , \qquad (3)$$

где $\Delta W_п$ - изменение запасов почвенных вод в зоне аэрации (от поверхности земли до поверхности грунтовых вод);

$O_р$ - количество воды, поданной на орошаемое поле из внутрихозяйственной сети (водоподача на поля брутто);

$\bar{C}$ - сбросы с поливных участков;

$\pm g$ - величина подпитывания почвы со стороны грунтовых вод (+) или величина питания грунтовых вод опускающейся почвенной влагой (-);

$\Phi_{кi}$ – фильтрация из каналов всех порядков;

α_i – доля фильтрационного расхода ($\Phi_{кi}$), идущая на питание грунтовых вод;

$(1-\alpha_i)$ – доля фильтрации, поступающая на увлажнение почвы.

Баланс грунтовых вод:

$$\Delta W_{гр} = \Pi - О + \Sigma \alpha_i \Phi_{кi} - Д_р \pm g, \qquad (4)$$

где ΔW – изменение запасов грунтовых вод;

$Д_р$ – дренажный сток.

3. Если имеются данные о колебании уровня грунтовых вод, о влажности почво-грунтов зоны аэрации и коэффициенте водоотдачи, то можно выразить:

баланс почвенных вод

$$\Delta W_п = y_к \omega_к + y_н \omega_н ; \qquad (5)$$

баланс грунтовых вод

$$\Delta W_{гр} = (y_к - y_н)\cdot \delta ; \qquad (6)$$

баланс почво-грунтовых вод

$$\Delta W = \Delta W_п + \Delta W_{гр} , \qquad (7)$$

где $y_к$ – глубина залегания уровня грунтовых вод в конце расчетного периода;

$y_н$ – то же в начале периода;

$\omega_к, \omega_н$ – конечная и начальная объемная влажность (средние) зоны аэрации;

δ – коэффициент водоотдачи при опускании уровня грунтовых вод, или коэффициент свободной порозности при их подъеме. Значения δ приближенно могут быть отнесены к среднему положению грунтовых вод:

$$y = \frac{y_к + y_н}{2}.$$

4. Для решения перечисленных задач очень удобно применять уравнение баланса почвенно-грунтовых вод в виде, предло-

женном А.П.Вавиловым /IO, 4I/:

$$W_к - W_н = A + B - E - D \pm П, \qquad (8)$$

где $W_к, W_н$ – запас влаги в балансовом слое (включающий запас грунтовых вод и влаги зоны аэрации) в конце и в начале расчетного периода;

B – водозабор на орошение за вычетом сбросов за пределы балансового района $B = O_р + \Sigma P_{кл}$;

E – суммарное испарение;

D – дренажный сток;

$П$ – подземный водообмен;

$$П = П_{верт} + П_{гориз},$$

где $П_{верт}$ – приток (положительный или отрицательный) подземных вод по вертикали на границе балансового слоя;

$П_{гориз}$ – поступление (приток – отток) подземных вод в горизонтальном направлении в пределах балансового района;

A – количество осадков, выпавших[x)] за расчетный период.

Следует отметить, что как и в других уравнениях баланса почвенных или почвенно-грунтовых вод, должно браться количество осадков, впитавшихся в почву, т.е. из общего количества выпавших осадков A следует вычесть сток осадков и количество их, испарившихся с поверхности растений и др. предметов. Однако для годовых и сезонных (вегетационный и невегетационный периоды) балансов достаточно вводить в расчет общее количество осадков. При этом величина суммарного испарения должна, естественно, включать и испарение осадков с наземных поверхностей.

Для балансов за месячные периоды (в особенности в период выпадения твердых осадков) следует вводить в расчет количество впитавшихся в почву осадков, так как в противном случае или будет искажено месячное испарение (если оно определено решением балансового уравнения) или будет получена большая невязка в балансе (если испарение определено самостоятельным путем).

Уравнение (8) удобно тем, что оно не требует выделения из фильтрационных потерь и осадков той доли, которая поступает в грунтовые воды, а также расчленения общего испарения на испарение грунтовых вод и зоны аэрации.

5. Для условий предгорной зоны, где в связи с очень глубоким залеганием грунтовых вод отсутствуют режимные наблюдения, удобно применить преобразованное /9/ уравнение Вавилова $A+B-g-\mathcal{E}=\Delta_{почв}$ для определения фильтрации из верхней толщи почв в грунтовые воды. Величина g при определенных допущениях соответствует величине питания потока подземных вод, поступающих в нижние слои (которая нас интересует в этой зоне).

6. Как уже указывалось, в зависимости от решаемых задач и наличия данных могут применяться и другие уравнения баланса (А.И.Костякова, М.М.Крылова и других). Большие возможности в изучении гидродинамических процессов движения грунтовых вод дает применение метода Каменского Г.Н., базирующегося на уравнении неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях. В наиболее простом виде оно выглядит так:

$$\frac{\mu \cdot \Delta H}{\Delta t} = \frac{Q_1 - Q_2}{\omega} + W, \qquad (9)$$

где $\mu \cdot \Delta H$ – изменение запаса грунтовых вод в элементе потока за время Δt;

$\frac{Q_1 - Q_2}{\omega}$ – разность между притоком Q_1 и оттоком Q_2 грунтовых вод, поступающих и вытекающих из элементов потока, отнесенная к единице площади элемента;

W – питание грунтовых вод (положительное или отрицательное) за время Δt.

Расходы Q_1 и Q_2 определяются, по существу, из уравнения

$$Q = K \cdot b_{ср} \cdot h_{ср} \cdot i_{ср},$$

где $b_{ср}, h_{ср}, i_{ср}$ – средние для соответствующих элементов потока значения ширины потока b, его мощности h, уклона i для промежутка времени Δt, которые определяются по данным наблюдательных скважин.

Имея данные по коэффициенту фильтрации K, свободной пористости в зоне колебания уровня грунтовых вод μ, мощности потока h и наблюдения за режимом уровней, можно определить величину питания грунтовых вод W и проверить ее по балансовым расчетам.

Для зон вертикального водообмена (сазовая, сазово-солончаковая, солончаковая) иногда применяется уравнение А.Д.Саваренского в виде

$$\mathcal{S}_1 + V_1 = \mathcal{S}_2 + V_2 , \qquad (10)$$

где $\mathcal{S}_1$ и $\mathcal{S}_2$ – водообмен выше $\mathcal{S}_1$ и ниже $\mathcal{S}_2$, расположенный ярусом (зоной);

V_1 и V_2 – запас влаги в расчетном слое в начале V_1 и в конце V_2 расчетного периода.

В этом уравнении отсутствуют члены, отражающие горизонтальный водообмен, т.е. оно, по существу, дает "вертикальный баланс". Оно может быть применено для определения коэффициентов водообмена (между отдельными слоями и для всего балансового слоя в целом)

$$K_{\mathcal{S}} = \frac{\mathcal{S}_2}{\mathcal{S}_1 + V_1} . \qquad (11)$$

7. Толщина балансового слоя при составлении общего водного баланса берется до регионального водоупора. При вычислении баланса почвенно-грунтовых вод расчетный слой берется равным или несколько больше максимальной глубины их залегания, для почвенных вод от одного до трех метров. При тесных связях между запасами почвенно-грунтовых вод в слоях 0-3 и 0-1 м можно ограничиться наблюдениями за составляющими баланса одного метрового слоя.

Солевой баланс также может составляться как на всю толщу покровных отложений, включающую наиболее минерализованные слои грунтовых вод, так и отдельно для зоны грунтовых вод, зоны аэрации и ее отдельных слоев (0-1, 1-2, 2-3, 0-3 м и т.д.).

8. Расчетный период для балансовых расчетов назначается в зависимости от задач исследований.

Обычно составляются балансы за годовой, вегетационный и невегетационный периоды в целом или по месяцам.

Совершенно очевидно, что, чем короче расчетный период, тем больше возможностей изучить и оценить процессы, закономерности изменения каждого из элементов баланса и влияние на них отдельных факторов. Однако с целью сокращения объема наблюдений месячный расчетный период можно принять за основу.

В ряде случаев удобно расчеты вести по циклам колебания уровня грунтовых вод (выделяя периоды подъема, спада и т.д.). В то же время крайне необходимо с помощью самописцев организовать непрерывное наблюдение за динамикой элементов баланса. За динамикой влажности почвы в настоящее время такие наблюдения организовать невозможно, поэтому на части точек желательно вести их хотя бы раз в 5–10 дней.

9. Допустимая невязка баланса не должна превышать 10–15% (в зависимости от задач расчетов) и должна распределяться не пропорционально абсолютным значениям отдельных элементов, а по допустимым погрешностям (или возможным пределам изменения отдельных элементов, которые устанавливаются на основании анализа баланса и условий его формирования).

§ 3. Содержание и организация балансовых исследований

Для использования балансового метода в гидромелиоративных расчетах необходимы непосредственные определения всех составляющих баланса (замкнутый баланс) или, во всяком случае, всех главных элементов баланса, т.е. тех, которые позволяют решить балансовое уравнение с принятой точностью. Величина невязки баланса в определенной степени характеризует полноту учета статей баланса и точность их определения.

Наряду с этим для типовых условий необходимо организовать изучение закономерностей изменения основных элементов баланса в зависимости от главных действующих факторов. Это позволит при минимальном количестве специальных (ключевых) балансовых участков правильно обобщать полученные данные для больших площадей.

Расчетные зависимости, применяемые для определения отдельных элементов баланса, должны теоретически правильно отражать физическую картину и взаимодействие главных факторов, определяющих величину и процесс изменения изучаемого явления.

В то же время надо учитывать, что их точность во многом зависит от точности исходных данных.

Поэтому методике определения расчетного значения исходных данных (и соответствующих методик проведения и обработки данных наблюдений) должно уделяться огромное внимание.

Наибольшей эффективности балансовых исследований будет способствовать максимальное использование данных агрометеорологических, климатических, гидрометрических и режимных наблюдений, проводимых органами гидрометеорологической, гидрогеологической служб и водного хозяйства.

Для наиболее полного и всестороннего решения мелиоративных и водохозяйственных задач необходимо сочетать изучение водного баланса бассейна в целом по основным гидрогеологическим зонам и типовым оросительным системам с балансом типовых хозяйств (севооборотных массивов) и полей основных культур (на балансовых участках).

С другой стороны, для этих целей требуется сочетание исследований общего водного баланса, баланса грунтовых и почвенных вод.

Объем исследований, количестве точек и частота наблюдений должны определяться статистическими методами, исходя из принципа обеспечения необходимой и достаточной степени точности и надежности (обеспеченности) расчетов.

Балансовые исследования должны вестись на региональной основе. Для их организации на данном регионе необходимы карты существующего и проектируемого размещения оросительных и осушительных каналов, севооборотов, геоморфологические, почвенные; карты глубин залегания грунтовых вод и пьезоизогипс напорных вод; гидрогеологического районирования, минерализации грунтовых вод; размещения гидропостов, метеостанций и дождемерных постов, наблюдательных скважин, а также данные о режиме подземных вод, поступлении поверхностных вод, режиме источников и другие.

Желательно, чтобы изучаемая территория включала площади, однородные в гидрогеологическом отношении. Необходимо составлять раздельно баланс каждой гидрогеологической зоны, учитывая взаимосвязанность режима и баланса в зоне питания, движения и разгрузки подземных вод.

В межгорных впадинах, при долинно-террасовом типе рельефа балансовые районы выделяются по террасам с определенными характеристиками рельефа и по гидрогеологическим особенностям территории.

При однородных гидрогеологических условиях балансовые контуры выбираются в зависимости от ирригационно-хозяйственных факторов, глубин залегания и минерализации грунтовых вод, лучше в пределах оросительных систем или их эксплуатационных участков.

На основе анализа имеющегося материала в основных зонах выделяются типовые системы и балансовые (ключевые) участки, на которых должны вестись более детальные исследования;

составляется схема дооборудования выделенных балансовых районов и систем гидропостами, створами скважин и пьезометров, метеопостами и т.д. с учетом максимально возможного использования существующей сети. В частности, изучение испарения методом теплового баланса, режима влажности в зоне аэрации и т.п. желательно организовать на наиболее репрезентативных для данного региона метеостанциях;

составляется схема оборудования балансовых (ключевых) участков.

На ключевых участках ставятся исследования, позволяющие найти зависимости и взаимосвязи между отдельными элементами водного баланса, между этими элементами и определяющими их факторами с целью распространения результатов наблюдений на участке на всю площадь, для которой он является типичным.

Сюда относится определение отдельных элементов и детальное изучение общего водного баланса, баланса и режима грунтовых вод: наблюдения за уровнями и пьезометрическими напорами, учет поступления поверхностных вод, дренажа и сбросов, изучение режима влажности почво-грунтов в зоне аэрации, определение величины просачивания в грунтовые воды осадков и поливных вод на полях, изучение влияния оросительных каналов и различных видов дренажа на режим грунтовых вод, изучение солевого баланса, метеорологических условий и др.

Чтобы ключевой участок давал репрезентативные для изучаемой территории данные, он должен быть типичным по природным и ирригационно-хозяйственным условиям, по структуре и динамике водно-солевого баланса, свойствам почво-грунтов и влиянию грун-

товых вод на водно-солевой режим. Рациональная площадь ключевого участка 50-200 га - в зависимости от природных условий и естественных границ, которые выбираются по водоразделам, каналам или дренам из условия обособления участка от окружающей территории по поверхностному и отчасти подземному стоку.

Скважины и пьезометры размещаются так, чтобы с заданной точностью можно было оценить величину изменения запасов почвенно-грунтовых вод подземного водообмена (по определениям величины напора и коэффициента фильтрации), определить горизонтальный водообмен - приток и отток грунтовых вод на границах участка по Дарси; установить величину инфильтрационного питания подземных вод (по уравнению Г.Н.Каменского); определить вертикальный водообмен в зонах аэрации и грунтовых вод и, наконец, составить карту глубин залегания грунтовых вод с интервалами 0-0,5; 0,5-1,0; 1-1,5; 1,5-2; 2,0-3,0; 3-5 5 м.

Совокупности этих требований наиболее полно отвечает расположение скважин по сетке квадратов (взаимно перпендикулярным створам) с одной скважиной внутри каждого квадрата.

Для составления карт глубин залегания грунтовых вод в указанных интервалах могут понадобиться дополнительные скважины на требуемые даты. Кусты пьезометров располагаются в зависимости от однородности литологических условий или у каждой скважины, или по 2-3 створам в каждом направлении. Глубина установки пьезометров должна быть назначена таким образом, чтобы осветить потери напоров во всей покровной толще и в наиболее водонепроницаемых прослойках.

Кроме этого должны быть установлены кусты пьезометров для построения гидродинамических сеток с целью изучения притока в дрену и фильтрации из оросительных каналов, а также для изучения изменения поступлений по длине дрен.

В створах, перпендикулярных к дрене, кусты пьезометров располагаются на расстоянии 0, 1, 2, 3, 5, 10, 25, 50, 100 м от оси дрены и далее до середины междуренья. Расстояние между створами 200-300 м.

§ 4. Изучение элементов водного баланса

Атмосферные осадки. Расчетный слой осадков обычно определяется по данным метеорологических станций и сети дождемерных постов. Точность расчета зависит как от ошибок осадкомерных приборов, так и пространственной изменчивости осадков, расположения и густоты сети, которая выбирается в зависимости от задач и требуемой точности расчета.

Принципы измерения и учета осадков разработаны в ГГИ и ГГО /22,52/. В измеренные величины осадков вносятся поправки на ветровой недоучет, потери на испарение и смачивание.

По методике ГГИ /27/, при расчете водного баланса речных бассейнов погрешности определения слоя осадков за сезон не должны превышать ±10%. Плотность (f) сети станций и число осадкомеров (n) для заданной площади (F) при допустимой погрешности за сезон (δx 75% = ± 10%) определяется по уравнению

$$n = \frac{F}{f}, \qquad (12)$$

f – берется по зависимости по методическим указаниям /27/.

Величина ветровых поправок к осадкомерам Третьякова устанавливается эмпирическим путем в зависимости от скорости ветра и характеристики интенсивности осадков (при интенсивности более 0,03 мм/мин ветровая погрешность незначительна и в этом случае поправки не вводятся).

Величина поправочного коэффициента на недоучет осадков осадкомером Третьякова и дождемером с защитой Нифера для условий Средней Азии изменяется в значительных пределах (1,03-1,26).

По данным наблюдений КиргНИИВХ, на Каиндинском опытном участке (Чуйская долина) по отношению к замерам по ГГИ-3000, которые можно принять за эталон, показания по осадкомеру Третьякова требуют поправочного коэффициента K = 1,08-1,22.

При воднобалансовых исследованиях на полях важно знать интенсивность и величину осадков, достигающих земной поверхности. С этой целью на ключевых участках устанарливаются плювиографы, а также почвенные дождемеры и ГГИ-3000.

В холодное время года осадки, выпавшие в виде снега, замеряются по снегомерным съемкам, сроки и порядок проведения которых разработан в ГГИ /37/. При съемках учитываются виды угодий и рельефа, а также требуемое число определений снегозапасов. В расчет берется их средневзвешенная величина. В балансовое уравнение может входить /9/ как величина выпавших осадков (в испарении тогда должно учитываться количество испарившихся осадков с наземной части растений), так и впитавшихся (с учетом их задержания и стока).

I. Приток поверхностных вод на оросительную систему (балансовый массив) обычно определяется замерами расходов источников в гидрометрических створах, как правило совпадающих с границами системы.

Водомерные устройства, частота и способ измерений расходов в реках и каналах принимаются в соответствии с природными условиями, величиной и режимом расходов, характеристикой русла и требуемой точностью замеров.

Насколько важно правильно выбрать тип гидропоста, видно из данных КиргНИИВХ. Сравнение вертушечных замеров расходов воды с показаниями гидрометрических постов эксплуатационного назначения, установленных без учета соответствия типа поста природным условиям, показали отклонения от действительного расхода у реечных - до ±53%, с фиксированным руслом 22-30%, водосливов Чиполетти - до 42%, круговых водосливов - до 32% от измеренных расходов и только водомеры Глубшева дали отклонения не более 4%.

Для составления зональных балансов требуется установка дополнительных гидропостов к существующей гидрометрической сети на границах зон. При значительных суточных колебаниях расходов необходимо устанавливать самописцы уровней или расходов (лучше с недельным заводом).

Разработанная в ГГИ методика наблюдений и учета расходов источников поступлений поверхностных вод /27, 35/ вполне приемлема для воднобалансовых исследований в мелиоративных целях и требует лишь некоторых дополнений /9/.

Поступление (приток-отток) поверхностных вод (β) определяется как разность расходов (или стока) по данным гидро-

метрических постов на водотоках. Для оросительной системы поступление равно водозабору за вычетом сброса (транзитного расхода). При отсутствии сбросов разница между водозабором и водоподачей на поля составляет потери на фильтрацию в межхозяйственной и внутрихозяйственной сети.

Отток поверхностных вод происходит обычно по руслам рек, сбросной и коллекторно-дренажной сети. Для его учета устанавливаются водомерные посты на границах балансового массива как и для замеров поступления поверхностных вод. Для замеров сброса поливных и других поверхностных вод с небольших участков необходимо их оконтуривать сбросными каналами и на них оборудовать гидропосты с водомерным устройством, учитывающие режим и величину сбросных доходов. Частота наблюдений устанавливается в соответствии с режимом расходов с требуемой точностью учета объема стока. При резких колебаниях расходов устанавливаются самописцы расходов или уровней.

При наблюдениях за стоком по дренажной и коллекторной сети надо обеспечить раздельный учет поступающих в нее сбросов поверхностных вод с полей и каналов, если таковые есть. Величина стока с сельскохозяйственных полей определяется с помощью стоковых площадок, расположенных на характерных участках.

Устройство и методика наблюдений на стоковых площадках разработаны и испытаны в ГГИ /20, 27, 35/ и такими могут быть приняты для воднобалансовых исследований на оросительных системах.

Испарение - один из главных факторов в формировании водного баланса всех гидрогеологических зон, поэтому количественная характеристика этой величины является весьма важной.

В зависимости от природных и хозяйственных условий испарение в отдельных гидрогеологических зонах системы составляет от 30-40 до 70-85 и более процентов ее общего водного баланса. Существенна также роль испарения в водном балансе орошаемого поля, где часто требуются достаточно точные способы его определения, например, для установления поливных режимов, промывных норм или при расчете лиманного орошения.

Как расходная статья водного баланса испарение формируется под влиянием множества природных факторов (климатических, гидрогеологических, почвенных, биологических и др.) и

хозяйственных условий (агротехника и система обработки почв, поливы, удобрения и т.п.), поэтому определение его представляет известные трудности.

Для самоконтроля испарение необходимо определять хотя бы двумя независимыми методами. Так как природные условия весьма разнообразны и микроклиматическая изменчивость суммарного испарения заметна даже в пределах одного поля, расчетные ее величины неизбежно должны осредняться, а, значит, и искажать истинные значения испарения полем, поскольку указанная изменчивость трудно поддается учету. Еще в большей мере это сказывается на величинах испарения для гидрогеологической зоны или системы, хотя относительная ошибка определения этого элемента баланса в данном случае может быть и меньше, так как абсолютные значения его довольно велики.

I. Метод испарителей

С помощью весовых испарителей величина испарения определяется по изменению веса почвенного монолита с учетом осадков A, выпавших за период наблюдений, и количества воды $П$, просочившейся через монолит:

а) для весовых испарителей

$$B=\frac{10}{S}(P_1-P_2)+A-П, \text{ мм}; \qquad (13)$$

б) для гидравлических

$$B=K(H_1-H_2)-(h_1-h_2)+A, \text{ мм} \qquad (14)$$

где S – площадь испарителя в см^2;

P_1 и P_2 – начальный и конечный вес испарителя в граммах;

H_1 и H_2 – начальное и конечное высотное положение плавающей системы относительно поверхности воды;

h_1 и h_2 – начальный и конечный уровень воды в баке с плавающей системой;

K – тарировочный коэффициент.

Площадь и глубина испарителя выбираются такими, чтобы режим в испарителе соответствовал окружающей почве и обеспечивалась площадь питания корней растений.

Из-за старения монолитов их смена производится ежедекадно (через 15–30 суток в лесной зоне).

Для почвы применяются микроиспарители площадью 50–100 $см^2$ и высотой 10 см (для измерения испарения за короткие промежутки времени, смена монолита через 1–2 часа).

Систематические ошибки прибора не выходят за пределы точности измерений, поэтому переводных множителей для ГГИ-500-50 не требуется.

С помощью испарителей ГГИ-3000 определяется испарение с водной поверхности. Из-за краевого эффекта в показания ГГИ-3000 вводятся редукционные коэффициенты (K = 0,7–0,9).

2. Метод лизиметров

С помощью лизиметров испарение между сроками наблюдений определяется или по изменению веса почвенного монолита, помещенного в лизиметре (взвешиваемые лизиметры), или по расходу воды на поддержание заданного уровня грунтовых вод (компенсационные испарители) с учетом выпавших осадков за тот же период времени, величины их просачивания до грунтовых вод и изменения запасов влаги в зоне аэрации.

Если влагозапасы не измеряются, определение испарения возможно только за длительные периоды (более месяца). При взвешивании удовлетворительные результаты получаются за пентаду или декадный срок. Точность измерения потерь (изменения) веса монолита определяется точностью применяемых платформенных весов (около 0,01% определяемого веса). Обычно погрешность измерения влагозапасов (испарения) не превышает 2 мм слоя воды.

Величина испарения (в мм) по взвешиваемым (обычно 1 раз в 5–10 дней) лизиметрам равна:

$$E = \frac{10}{\delta}(P_1 - P_2) + \Sigma X + \Sigma Q + \Sigma J, \qquad (15)$$

где P_1 и P_2 – вес лизиметра в предыдущее и текущее взвешивание (г);

$\Sigma X, \Sigma Q, \Sigma J$ – соответственно сумма осадков (мм), расхода грунтовых вод в зону аэрации (из подпитывающего бачка) и величины инфильтрации (слива);

S – площадь лизиметра, $см^2$.

В лизиметрах без взвешивания определяется только расход грунтовых вод $E_г$ на насыщение зоны аэрации (и испарение) из подпитывающего бачка и величина инфильтрации (слив или откачка). Величина собственно испарения может быть определена, если известно изменение запаса влаги ΔW в зоне аэрации (по определениям влажности гаммаскопическим, нейтронным, тензиометрическим или другим способом, не требующим выемки пробы).

Испарение определяется по уравнению

$$E = E_г \pm \Delta W, \qquad (16)$$

где $E_г$ – расход грунтовых вод. В лизиметрах с периодическим доливом воды он равен

$$E_г = \mu \cdot \Delta h, \ мм$$

где μ – коэффициент водоотдачи грунта. Определяется опытным путем /9,56/ по откачке или доливу воды Δh в лизиметр (обычно в период равновесного состояния влаги в зоне аэрации – отсутствия осадков и интенсивного испарения);

Δh – понижение уровня вод в лизиметре, мм.

С помощью лизиметров определяется испарение грунтовых вод и устанавливаются закономерности их расхода в зависимости от глубины залегания уровня, растительности, климатических, почвенных и других условий.

В лизиметрах с переменным уровнем выдерживаются условия поля и их показатели по испарению и расходам грунтовых вод могут быть отнесены, с учетом урожайности, на все поле.

Можно использовать лизиметры как с периодическим доливом, так и с автоматическим поддержанием заданного уровня, что предпочтительнее.

Площадь лизиметра должна быть достаточна для обеспечения нормального питания и развития корневой системы растений

(обычно этим условиям удовлетворяет площадь 0,3 м^2 и более). Форма сечения – прямоугольник со сторонами, кратными ширине междурядий и расстоянию между растениями в рядке, квадрат или круг диаметром более 60 см.

Глубина лизиметра зависит от того, какой уровень грунтовых вод предполагается в нем поддерживать и выбирается на 50 см больше принятого уровня. Для условий засушливой зоны предпочтительнее лизиметры более глубокие, охватывающие всю активную зону влагообмена (3 м).

Для выявления интенсивности испарения грунтовых вод следует пользоваться взвешиваемыми лизиметрами или измерениями влажности почво-грунта в зоне аэрации /20, 23/.

Метод почвенных испарителей и лизиметров дает значения величины испарения "в точке" и для определения испарения на системе или гидрогеологической зоне мало пригоден, так как этим методом трудно учитывать неоднородность почво-грунтов и растительного покрова ограниченным числом приборов (повторностей).

Достоинство этих методов – в простоте замеров, в получении косвенных характеристик испарения и выявления роли факторов, влияющих на испарение.

Погрешности методов одного порядка ≈ 10% измеряемой величины, однако из-за неоднородности испаряющих поверхностей при небольшом числе повторностей возможны значительные ошибки в определении этими методами испарения с поля.

3. Метод теплового баланса

Методом теплового баланса определяется величина суммарного испарения с различных угодий за короткие сроки (декада, месяц). Этим методом можно пользоваться и для установления суточного хода испарения, чем более полно выявляется влияние на испарение быстродействующих факторов (радиационный баланс, градиенты температуры и влажности воздуха в приземном слое).

Теплобалансовые наблюдения должны быть поставлены на основных угодьях изучаемого района. Обычно такие наблюдения входят в программу работ гидрометеорологических станций, но могут быть организованы и в комплексе воднобалансовых исследований.

Для теплобалансовых наблюдений выбирается площадка 10x20 м (обычно в месте установки лизиметров и испарителей на "испарительной площадке") не ближе, чем за 100 м от края поля.

В комплекс этих наблюдений входят измерения:

1) радиационного баланса термоэлектрическим балансомером на высоте 1,5 м над землей;

2) температуры и влажности воздуха и скорости ветра на высотах 0,5 и 2 м над уровнем деятельной поверхности (принимается 2/3 средней высоты растительности над поверхностью почвы) по аспирационным психрометрам большой модели и ручным анемометрам;

3) температуры почвы на поверхности и на глубинах 5, 10, 15 и 20 см - по напочвенным и коленчатым термометрам Савинова;

4) атмосферного давления (для вычисления упругости водяного пара по психрометрическим таблицам), высоты растительного покрова (для установки приборов на определенном уровне), объемного веса и влажности почвы (для расчета теплопотока в почву) и ряд других.

Балансомер устанавливается в паре с гальванометром ГСА-1.

Стойки для анемометров и психрометров должны иметь подвижные кронштейны для перестановки приборов (по мере изменения высоты растительного покрова) для сохранения принятой их высоты над деятельным слоем.

Наблюдения производятся по методике ГГО ежедневно в сроки 1, 7, 10, 13, 16 и 19 часов по местному среднему солнечному времени. Продолжительность одного срока наблюдений составляет 30 мин.

Для определения испарения теплобалансовым методом ведутся наблюдения за радиационным балансом, потоком тепла в почву и в атмосферу, а также измеряются градиенты температуры и влажности воздуха (на уровнях 0,5 и 2,0 м над деятельным слоем).

Величина турбулентного потока тепла в атмосферу определяется по уравнению

$$P = \frac{R - B}{1 + 1{,}56 \frac{\Delta e}{\Delta t}} \quad \text{кал/см}^2, \qquad (17)$$

а расход тепла на испарение находится из уравнения теплового баланса

$$R = B + P + L \cdot E, \qquad (18)$$

где R, B и P – радиационный баланс, поток тепла в почву и в атмосферу, кал/см^2;

$\Delta e = e_{0,5} - e_{2,0}$ мб. – градиент влажности воздуха;

$\Delta t = t_{0,5} - t_{2,0}$ °С – градиент температуры воздуха;

L – скрытая теплота парообразования в кал/см^3 (600 кал/см^3).

По измеренным исходным величинам испарение определяется из уравнения

$$E = \frac{1}{60}(R - B - P), \qquad (19)$$

где R, B и P в кал/см^2 за расчетный период (минута, час) или период наблюдений.

Если поток тепла в почву B не измеряется непосредственно тепломером, то его расчет производится по формуле

$$B = \frac{C \cdot \delta_i}{\tau} \text{ кал/см}^2\text{мин}, \qquad (20)$$

где C – объемная теплоемкость влажной почвы, кал/см^3·град;

δ_i – характеристика изменений температуры в верхнем 20-сантиметровом слое почвы за интервал τ;

τ – продолжительность интервала (в мин.), для которого находится средний поток тепла в почву B.

Как видно из приведенных формул, при определении испарения теплобалансовым методом необходимо вести наблюдения также за влажностью почвы и ее температурой. Наблюдения и расчет испарения производятся по методике ГГО /33/. Для получения исходных данных необходимо провести за каждые сутки 6 срочных наблюдений по 30 мин.

По данным КиргНИИВХ /49/, для условий Северной Киргизии возможно сокращение сроков наблюдений до 3-х: в 10, 13 и 16 часов. Суточные значения величины суммарного испарения при этом определяются не путем планиметрирования кривой суточного хода

интенсивности испарения, а по следующей зависимости

$$E = 3{,}9(E_{10} + E_{13} + E_{16}) \quad \text{мм/сутки}, \qquad (21)$$

где $E_{10,13,16}$ – интенсивность испарения за соответствующий срок в мм/час.

При этом отклонения суточных величин испарения против данных, полученных по методике ГГО, составляют менее 10% за декаду.

Расчеты значительно упрощаются при использовании номограммы (рис.1).

Возможно также сокращение наблюдений до 10-12 суток за месяц (сериями при характерных погодных условиях).

На орошаемых землях для условий оптимального увлажнения суточная величина испарения может быть определена по уравнению

$$E = n \cdot \Delta e + m, \quad \text{мм/сутки}, \qquad (22)$$

где n и m – эмпирические коэффициенты, установленные для данных условий влагообмена;

Δe – средний за три срока (10, 13 и 16 час.) градиент влажности воздуха в мб для высот 0,5 и 2,0 м.

Приближенные значения испарения можно получить по зависимостям

$$E = K_t \cdot T = K_d \cdot d = K_R \cdot R = K_Q \cdot Q, \qquad (23)$$

т.е. по температурному K_t, психрометрическому K_d, или радиационному K_R, или K_Q модулям при известной температуре T, дефиците влажности воздуха d и радиационному балансу R, или суммарной радиации Q. Значения модулей должны определяться из теплобалансовых наблюдений.

Удовлетворительные результаты дает биоклиматический метод определения испарения по С.М.Алпатьеву.

В условиях орошения весьма часты случаи различного увлажнения поливных и неполивных участков, нередко различных по

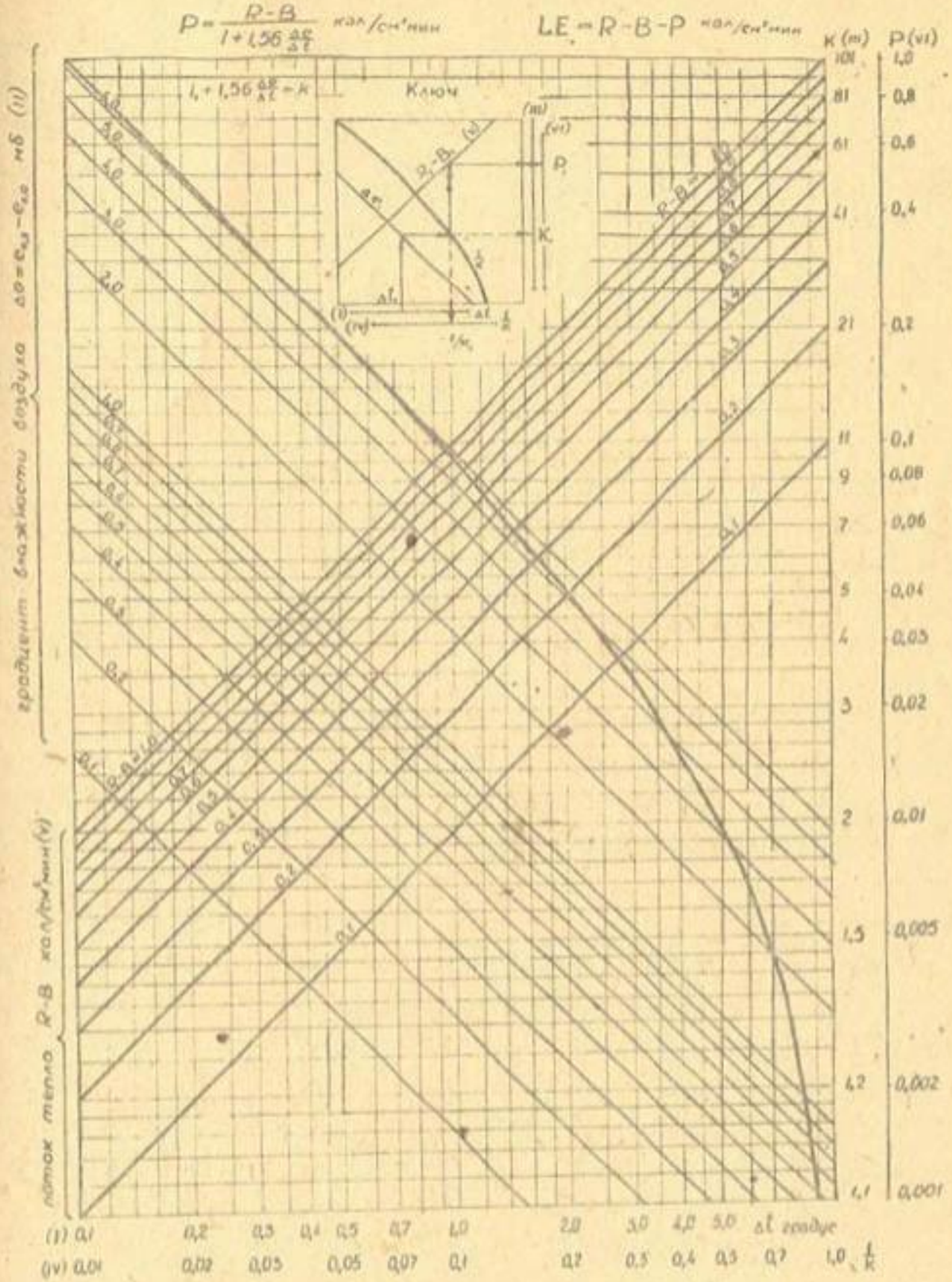


Рис.I. Номограмма для расчета интенсивности турбулентного потока тепла в воздух по формуле $P = \frac{R-B}{1+1{,}56\frac{\Delta e}{\Delta t}}$ кал/см^{2}мин

$E = \frac{1}{60}(R-B-P)$ мм

площади и состоянию растительности и перемежающихся в самом различном сочетании.

В этих случаях для балансовых расчетов испарение определяется раздельно для орошаемой и неорошаемой площади без учета особенностей подстилающей поверхности, принимая испарение с поливных участков равным части (устанавливается методом теплового баланса или с помощью испарителей и лизиметров) величины испаряемости E_0.

Испаряемость E_0 может быть определена по формуле Н.Н.Иванова:

$$E_0 = 0{,}00006\, n\, (t + 25)^2 \cdot (100 - r)\ \text{мм/период}, \quad (24)$$

где n – число дней в периоде;

t и r – температура $^{\circ}C$ и относительная влажность воздуха,%.

Испарение с неполивных участков определяется с помощью испарителей и лизиметров или принимается равным величине впитавшихся осадков (за сезон, год, при глубоком залегании грунтовых вод).

Для обобщения данных ключевых участков по испарению на зону или регион необходимо учитывать характеристику условий испарения на них (или испаряемость) и отличия в увлажнении.

Изменение запасов почвенных и грунтовых вод. Как и по другим статьям баланса наблюдения за влажностью разделяются на опорные (реперные) и массовые. Опорные наблюдения должны проводиться регулярно (лучше раз в 10 дней, в крайнем случае раз в месяц) на ключевых участках в течение многолетнего периода. На их основании должны быть установлены зависимости между запасами влаги в зоне аэрации и ее отдельных слоях (0-1, 0-2 и т.д.) от уровня грунтовых вод, закономерности передвижения влаги в зоне аэрации, влагообмена с грунтовыми водами, между испарением и влажностью верхних слоев.

Массовые наблюдения могут проводиться эпизодически на полях различных культур с целью уточнения полученных зависимостей, выяснения степени их репрезентативности, уточнения необходимого количества точек наблюдений для различных задач.

После накопления достаточного (по длительности и количеству) объема наблюдений (количество и расположение

точек, частота взятия проб и т.д.)они должны быть пересмотрены на основании статистической обработки в сторону значительного сокращения (выбор типичных точек).

Изучением почвенной влаги для агрометеорологических прогнозов (влагообеспеченность сельскохозяйственных культур) и как элемента водного баланса занимается гидрометеорологическая служба и ее данные могут быть использованы при составлении баланса почвенных вод системы, региона и его отдельных зон в зависимости от густоты расположения станций, где ведутся агрометеорологические наблюдения. Однако как правило при проведении балансовых исследований требуется организация специальных наблюдений за влажностью.

Дело в том, что согласно наставлениям гидрометеослужбы (вып.II) наблюдения ведутся только на глубине до 100 см. Лишь на отдельных станциях после стадии выхода зерновых в трубку глубина взятия проб увеличивается до 1,5 м. В садах пробы берутся до 1,5-2 м. Количество точек (повторностей) на одной культуре - 4.

На орошаемых же землях большей частью баланс почвенных вод должен (как уже указывалось) охватывать всю зону аэрации. Лишь при глубоких грунтовых водах ($\geqslant$ 5-10 м) приходится ограничиваться толщей 1-3 м. Причем нижняя граница берется при близком подстилании гравийно-галечниковых грунтов, где определение влажности затруднительно.

С целью увязки балансов почвенных и грунтовых вод точка взятия проб на влажность на балансовых (ключевых) участках располагается вблизи кустов наблюдательных скважин и пьезометров. С целью облегчения сравнения влажности весовым и нейтронным методами следует пробы на влажность брать по горизонтам 0-5, 5-10, 10-15, 30, 45 и далее через 15 см до глубины 1,5 м, а затем через 30 см до уровня грунтовых вод. В остальном же при взятии проб на влажность следует придерживаться указанных наставлений УГМС (вып.II).

Однако во избежание ошибок желательно в каждой точке брать по 2-3 бюксы на каждом горизонте.

Даже в пределах одного поля наблюдается изменчивость влажности, вызванная неоднородностью растительного покрова и

глубины корневой системы, микрорельефа, водно-физических свойств почвы, ее строения и т.д. Необходимое для наблюдений количество скважин (бурок) n определяется по методике ГГИ /25/ при заданной погрешности определения влажности ($\mathcal{Z}_\alpha$), с использованием формулы математической статистики:

$$\frac{\mathcal{Z}_\alpha}{\sigma} = \frac{t_\alpha}{\sqrt{n-1}}, \qquad (25)$$

где $\mathcal{Z}_\alpha$ – ошибка выборочной средней запаса влаги (с вероятностью α);

σ – среднеквадратическое отклонение (находится по рекогносцировочным определениям влажности на изучаемом массиве);

t_α – нормированное отклонение выборочной средней от истинной $A(\overline{W} - \mathcal{Z}_\alpha < A < \overline{W} + \mathcal{Z}_\alpha)$ берется из таблиц "Распределение нормированных отклонений в малой выборке";

$\mathcal{Z}_\alpha$ в зависимости от задач исследований берется 5–15%.

Таким образом, количество скважин непосредственно не зависит от площади участка (района), а от неоднородности его увлажнения (σ) и принятой допустимой ошибки среднего запаса влаги ($\mathcal{Z}_\alpha$).

Вместо наблюдений за влажностью в нескольких точках их можно вести в одной, отобранной на съемках влажности как характерной, запасы и распределение влаги в которой оказались близкими к средним из наблюденных скважин.

Следует иметь в виду, что на орошаемых участках изменчивость влагозапасов в пространстве и во времени значительно больше, чем на неорошаемых. Для получения той же степени точности в определении влажности здесь требуется в 1,5–2 раза больше точек (по Разумовой) и в значительной степени она зависит от способов и элементов техники полива. Поэтому точки определения влажности на полях балансового участка надо располагать на 1/3 и 2/3 от начала борозд (полос) ("Наставление", вып. II).

Частота наблюдений за влажностью определяется продолжительностью расчетных периодов, за которые составляется ба-

банс. Как уже указывалось, для этого достаточен месячный период.

Однако с целью прогнозов влагообеспеченности, установления динамики водопотребления по фазам вегетации и т.д. на 4-х точках поля каждой культуры необходимо вести наблюдения через 10 дней и в сроки наступления характерных периодов (поливы, начало и конец вегетации, фазы развития культур и т.п.).

Наконец, для изучения закономерностей передвижения влаги, взаимосвязей между режимами колебания уровней грунтовых вод и влажностью на характерных точках следует организовать наблюдения за суточным изменением влажности (в 8-00 и 20-00 часов).

В настоящее время основным методом измерения влажности является весовой. Однако достаточную точность определения влагозапасов в зоне аэрации и их изменения в течение месяца обеспечивает нейтронный метод. Поэтому его применение параллельно с весовым, по крайней мере на характерных точках, следует считать обязательным.

По установлении недостатков в нейтронном методе (наличие больших погрешностей в определении влажности верхнего слоя и вблизи уровней грунтовых вод и др.) он должен стать основным в определении влажности почво-грунтов /20, 56/.

Определять влажность весовым методом можно по „Наставлениям"(вып.II, 1963 г.), и методическим указаниям (№ 52-1959 г) УГМС.

На участках с близким залеганием грунтовых вод в скважинах (бурках) для взятия проб на влажность производятся замеры "появившегося" (сразу после достижения у.г.в.) и "установившегося" уровней.Эти данные используются для определения напорности на границе зон аэрации и грунтовых вод при расчетах вертикального водообмена, а также для уточнения истинного уровня грунтовых вод, который может быть определен по зависимости:

$$y = \frac{\sigma \cdot H}{H_1 - h_2}. \qquad (26)$$

Элементы уравнения (26) приводятся на рис.2 и определяются по наблюдениям за уровнями в двух скважинах, расположенных на расстоянии не более 1 м с различным заглублением в грунтовый поток (рис.2). За нижний обрез скважины принят конец трубы (пьезометр) или середина фильтра скважины (его рабочая часть не должна превышать 0,5 м, чтобы с меньшей погрешностью можно было приравнять скважину к точечному пьезометру).

Обработка результатов измерений проводится согласно указанным инструкциям с некоторыми дополнениями, приводимыми ниже.

Изменение запасов почвенных вод $\Delta W_{\text{п}}$ определяется непосредственно по данным замеров на начало и конец расчетного периода. Величину $\Delta W_{\text{п}}$ можно определить и по средним значениям объемной влажности и положению уровня грунтовых вод на начало и конец периода, по формуле (5), приведенной в § 2.

Наблюдения за влажностью используются также для изучения процессов передвижения влаги, определения свободной пористости и удельной водоотдачи, построения кривых запасов воды в балансовом слое (а также в зоне аэрации и ее отдельных слоях) в зависимости от у.г.в., а также получения корреляционных связей между запасами воды в верхних слоях и во всем балансовом слое.

Для этих целей, по данным наблюдений строятся эпюры влажности по вертикали, изоплеты влажности, совмещенные с графиками колебания у.г.в., поливов, осадков, температуры и дефицита влажности воздуха, кривые запасов воды в балансовом слое и т.д.

Изменение запасов грунтовых вод определяется по их уровню в наблюдательных скважинах и напорам в пьезометрах.

Замеры уровней грунтовых вод производятся по всем скважинам и пьезометрам с частотой, соответствующей расчетному периоду. Однако, учитывая, что данные по режиму уровней требуются и для решения других задач, лучше наблюдения на опорной сети проводить 1 раз в 10 дней в невегетационный период и 1 раз в 5 дней – в вегетационный.

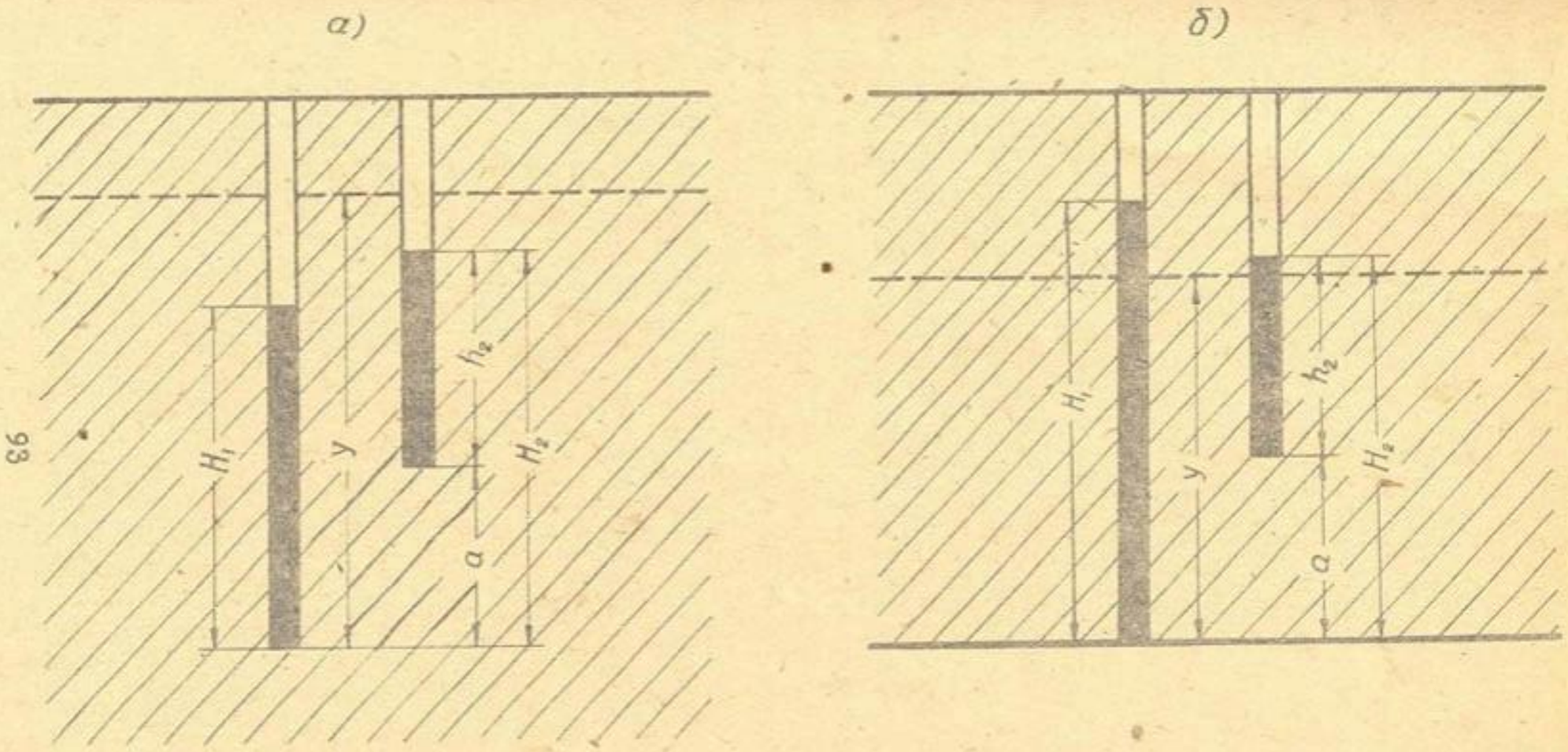


Рис.2. Соотношения действительного уровня грунтовых вод с уровнями воды в наблюдательных скважинах для нисходящего (*а*) и восходящего (*б*) движения грунтового потока.

Для определения размеров просачивания поливных вод и осадков необходимы замеры в течение 2-5 дней после поливов или выпадения крупных осадков.

Для изучения растекания потока и питания его фильтрационными водами сразу после пуска воды, а также после прекращения работы канала, желательны ежедневные наблюдения (а на скважинах, лежащих в радиусе 50 м вблизи канала, непрерывные с применением самописцев) по створам, перпендикулярным к оросителям.

На характерных скважинах и кустах пьезометров необходимо установить самописцы для регистрации непрерывного процесса изменения уровней.

В зависимости от поставленных задач (изменение запасов, определение испарения грунтовых вод, подземного водообмена, изучение динамики растекания потока, свободной пористости и водоотдачи и т.д.) и требуемой степени точности статистическими методами устанавливается необходимая частота наблюдений.

Следует подчеркнуть, что если для изучения колебаний уровней грунтовых вод можно вполне допустить точность измерения уровней 0,5-I см, то для расчетов подземного водообмена требуется точность 0,I-0,2 см, так как даже при больших гидравлических уклонах (допустим, порядка 0,0I) ошибка при определении последнего на 0,00I дает ошибку в подземном притоке на I0%.

При наличии достаточного числа равномерно распределенных по площади наблюдательных скважин изменение запасов грунтовых вод определяют по зависимости

$$\Delta W_{гр} = \frac{\Sigma \mu_i \cdot \Delta h_i}{n},$$

где μ_i - коэффициент водоотдачи (при спаде), или свободная пористость (при подъеме у.г.в.);

Δh_i - изменение (снижение или повышение) уровня за расчетный период в i скважине, $\Delta h_i = -(z_к - z_н)$

$z_к$ и $z_н$ - глубина залегания грунтовых вод (на начало и конец расчетного периода) от поверхности земли;

n - число скважин.

Если по водно-физическим свойствам грунтов, литологическим и хозяйственным условиям нельзя принимать, что площади влияния всех скважин одинаковы, то $\Delta W_{гр}$ определяется по формуле

$$\Delta W_{гр} = \frac{\Sigma \mu_i \cdot \Delta h_i \cdot F_i}{\Sigma F_i}, \qquad (27)$$

где F_i – площадь влияния данной скважины, устанавливаемая на основе крупномасштабных карт глубин грунтовых вод на характерные даты. Составляются они по специальным съемкам с использованием густой сети временных скважин (бурок).

При одинаковом для данного участка значении μ

$$\Delta W_{гр} = \mu \cdot \Delta h = \mu (z_н - z_к),$$

где $z_н$ и $z_к$ – средневзвешенные глубины залегания грунтовых вод (в местах от поверхности земли) на начало и конец периода

$$z = \frac{\Sigma z_i \cdot F_i}{\Sigma F_i}.$$

При ограниченном числе скважин используют карты гидроизогипс и глубин залегания грунтовых вод с вычислением $\Delta W_{гр}$ по этим же зависимостям, подставляя вместо z_i среднюю арифметическую глубину данного контура. Например, для площади с глубиной залегания грунтовых вод 0–1 м z_i = 0,5 м; 1–2, 1,5 м и т.д. По нашим расчетам, для получения более точных результатов карты глубин залегания грунтовых вод должны быть с интервалами 0,5 м.

II. Изменение запасов воды во всем балансовом слое, представляя собой сумму изменений запасов почвенных и грунтовых вод, определяется по данным непосредственных замеров теми же способами. Для приближенных расчетов можно использовать кривые изменения запасов воды в балансовом слое в зависимости от уровня грунтовых вод, построенные по данным опорных наблюдений (на балансовых участках) и массовых наблюдений в различных точках системы (района и т.д.) в разное время.

Данные этих наблюдений удобно свести в таблицы (табл.1 /9/), на основании которых строятся кривые запасов (рис.3) и составляются расчетные таблицы (табл.2).

Таблица I

Подсчет запасов воды в балансовом слое толщиной h (например, h =3 м)

Дата взятия проб и уровень грунтовых вод		I.IУ-1970 г. I,I0 м от поверхности земли							I.УП-1970 г. I,90 м от поверхности земли							I.X-1970 г. 2,70 м от поверхности земли						
№ № точек	слой σ	весовая влажность (ср. для данного слоя)	объемный вес δ, т/м³	уд. вес δ_1, т/м³	пористость (ρ), %	объемная влажность (β_0), %	запас воды в слое σ (W_σ), м³/га	σ	β%	δ	δ_1	ρ	β_0	W_σ м³/га	σ	β%	δ	δ_1	ρ	β_0	W_σ м³/га
I	0-I0							0-I0							0-I0						
	I0-20							I0-20							I0-20						
	20-40							20-40							20-40						
	I00-II0																				
	Итого выше							I80-I90							240-260						
	Уровня грунтовых вод							Итого выше уровня грунтовых вод							Итого выше уровня грунтовых вод						
	II0-300							I90-300							270-300						
	Всего в балансовом слое							Всего в балансовом слое							Всего в балансовом слое						

Примечание. I. Пористость $\rho = (1 - \frac{\delta}{\delta_1}) \cdot 100\%$.

2. Удельный вес (при отсутствии специальных определений можно принять δ_1 = 2,60-2,70).

3. Объемная влажность (в процентах от объема пор) $A_0 = 100 \cdot \beta \frac{\delta}{\rho}$, %.

4. Запас воды в слое σ метров $W_\sigma = 100 \beta \cdot \delta \cdot \sigma = \beta_0 \cdot \rho \cdot \sigma$, м³/га.

5. Запас воды в слое σ гр ниже уровня грунтовых вод $W_{гр} = \rho \cdot \sigma_{гр} \cdot 100$, м³/га.

Таблица 2

Запасы влаги W в $м^3$/га в трехметровом слое почвы по наблюдениям на Каиндинском участке Панфиловской системы

Метры	Глубина залегания грунтовых вод, м									
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
0	I3470	I3469,9	I3469,8	I3469,7	I3469,6	I3469,5	I3469,4	I3469,3	I3469,2	I3469,I
0,I	I3469	I3465,7	I3462,4	I3459,I	I3455,8	I3452,5	I3449,2	I3445,9	I3442,6	I3439,3
0,2	I3436	I3431,7	I3427,4	I3423,I	I3418,8	I3413,5	I3410,2	I3405,9	I3401,6	I3397,3
2,6	7703	7657,8	7612,6	7567,4	7522,2	7477,0	7431,8	7386,6	7341,4	7296,2
2,7	7251	7204,I	7157,2	7110,3	7063,4	7016,5	6969,6	6922,7	6875,8	6828,9
2,8	6782	6733,4	6684,8	6636,2	6587,6	6539,0	6490,4	6441,8	6393,2	6344,6
2,9	6296	6245,6	6195,2	6144,8	6094,4	6044,0	5993,6	5943,2	5892,8	5842,4
3,0	5792									

Для определения запасов воды в балансовом слое получена /43/ зависимость:

$$\overline{W}=\frac{W}{W_0}=1-a\left(\frac{z}{h}\right)^n, \qquad (28)$$

W - запас влаги во всем балансовом слое при глубине залегания грунтовых вод;

W_0 - то же при $z = 0$.

Параметры "a" и "n" удобнее всего получить графически при обработке данных наблюдений с использованием логарифмической анаморфозы этого уравнения

$$lg(1-\overline{W}) \; lg\, a+n\, lg\, \overline{z},$$

где z - глубина залегания грунтовых вод;

h - толщина балансового слоя;

$$\overline{z}=\frac{z}{h}$$

Обработка данных наблюдений за 1958-1966 гг. по Каиндинскому участку Чуйской впадины Киргизской ССР дала следующие значения параметров "a" и "n": a= 0,45-0,8 и n=1,13-1,76 при h = 3,0

Параметры	Годы									Среднее за 1958-1963 гг.
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	
	0,56	0,80	0,80	0,45	0,55	0,53	0,55	0,57	0,54	0,74
	1,34	1,70	1,76	1,20	1,47	1,13	1,39	1,25	1,35	1,53

Аналогичные зависимости получены и для определения влагозапасов зоны аэрации и ее различных слоев.

Определение абсолютной величины запасов (W) по этим кривым дает небольшую относительную ошибку, однако ошибка в величине изменения запасов ($\Delta W = W_n - W_k$) может быть очень высокой. Большое влияние на величину этой ошибки оказывает способ определения расчетной глубины залегания грунтовых вод.

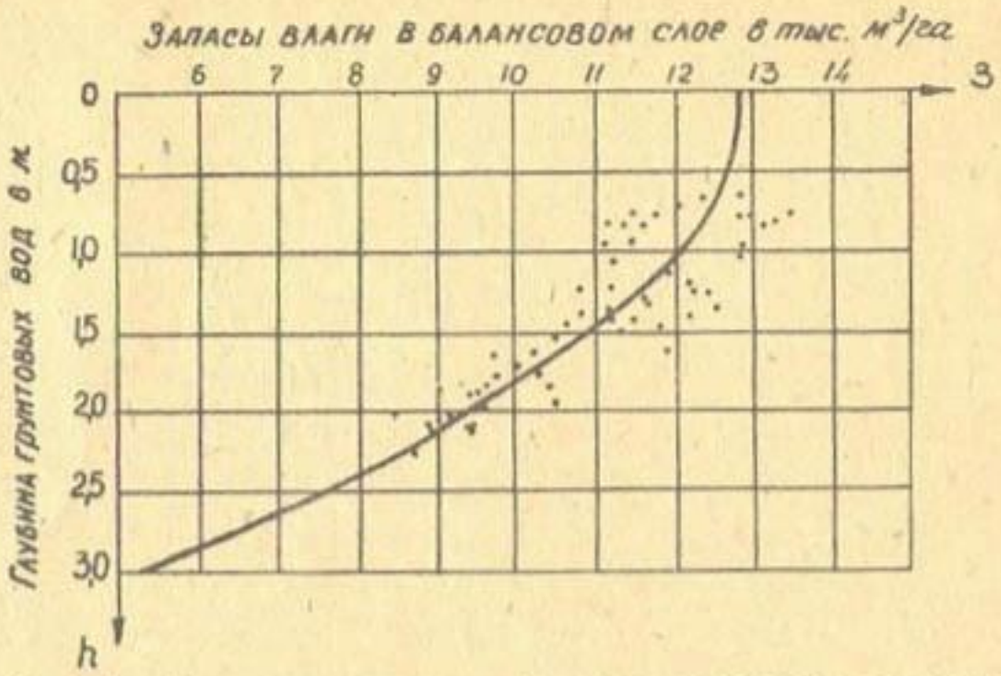


Рис.3. Изменение запасов влаги в балансовом слое в зависимости от глубины залегания грунтовых вод (по наблюдениям на Каиндинском участке КиргССР).

Наиболее правильно определять ее по зависимости

$$z_p = \sqrt{\frac{\Sigma z_i^p}{N}} \quad \text{или} \quad z_p = \sqrt[p]{\Sigma z_i^p \alpha_i},$$

где p – параметр расчетной кривой $W = f(z)$;

z_i – глубина грунтовых вод в данной точке или средняя для контура с площадью F_i;

$$\alpha = \frac{F_i}{\Sigma F_i}$$

N – число наблюдательных точек.

Первая формула употребляется при густой сети равномерно распределенных по площади скважин; вторая – при использовании карт глубин залегания грунтовых вод.

Получены также эмпирические формулы для определения W и ΔW в зависимости от начальной глубины залегания грунтовых вод (начальных запасов), дефицита испаряемости, суммы дефицитов влажности воздуха и т.д. Однако они имеют частное значение.

Наиболее общей для этих целей является формула Мезенцева, которую можно использовать с показателем степени 3. Для облегчения пользования ею в работе /49/ она приведена к виду

$$A = E_0 \left[\left(\frac{E_0}{E} \right)^3 - 1 \right]^{\frac{1}{3}} = E_0 \left(K_1^3 - 1 \right)^{\frac{1}{3}} = E_0 : \sqrt[3]{K^3 - 1} = E_0 : C \quad (29)$$

и даны специальные номограммы (рис.4).

Эти зависимости могут быть использованы для приближенных расчетов балансов хозяйства (системы) в месячном и сезонном разрезах. По мере накопления данных они будут уточняться. На балансовых участках наиболее надежным является использование данных непосредственных замеров.

Подземный водообмен. Для непосредственного определения подземного водообмена П используются данные режимных и пьезометрических наблюдений с обработкой их по формуле Дарси или по методу Каменского, а также данные наблюдений в лизиметрах с переменным уровнем грунтовых вод.

I) При наличии четко выраженного водоупора

$$П = Q_1 - Q_2 = \Sigma \left(\frac{K_1 \cdot h_1 \cdot i_1}{n_1} \right) L_1 - \Sigma \left(\frac{K_2 \cdot h_2 \cdot i_2}{n_2} \right) L_2, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (30)$$

K – к.ф. м/сутки;
h – мощность;
i – уклон;
L – ширина потока грунтовых вод;
n – число створов скважин, по которым производится расчет;
Q_1 и Q_2 – соответственно приток (по верхней границе) и отток (по нижней границе) подземных вод.

Для их определения нужно иметь данные наблюдений хотя бы по 2-3 створам скважин, в каждом из которых на верхней и нижней границе балансового района имеются скважины, отстоящие друг от друга на 100-300 м.

$$i_1 = \frac{\Delta h_1}{l_1}; \qquad i_2 = \frac{\Delta h_2}{l_2},$$

где Δh – средневзвешенная за расчетный период времени разница уровней между двумя соседними наблюдательными скважинами; ℓ – расстояние между ними.

2) Гораздо чаще встречается случай, когда балансовый слой намного меньше глубины водоупора. В этом случае $П = П_{гориз} + П_{верт.}$, где $П_{гориз.}$ определяется как и раньше, с той лишь разницей, что h мощность потока грунтовых вод в пределах балансового слоя:

$$П_{верт} = K_в \cdot F \cdot i_в ,$$

где $K_в$ – коэффициент фильтрации в вертикальном направлении, м/сутки;

– площадь балансового участка (района), $м^2$;

$i_в$ – гидравлический уклон в вертикальном направлении, определяемый по показаниям пьезометров

$$i_в = \frac{H_1 - H_2}{\Delta \ell},$$

где H_1 и H_2 – напоры в пьезометрах, расположенные ниже и выше границы балансового слоя;

$\Delta \ell$ – расстояние по вертикали между ними.

Значение $i_в$ берется средним по всем пьезометрам за данный расчетный период.

При минерализованных грунтовых водах отметку уровня воды в пьезометрах исправляют по формуле

$$H = A - h + h_в(\gamma_в - 1), \qquad (31)$$

где H – расчетная отметка уровня воды в пьезометре;

A – отметка замерной точки пьезометра;

h – глубина уровня воды в пьезометре от замеренной точки;

$h_в$ – глубина уровня воды в пьезометре до его фильтра;

$\gamma_в$ – удельный вес воды в пьезометре.

3) Определение подземного водообмена по способу Каменского изложено в работах /I2, I7, I8/.

4) Для определения подземного водообмена по лизиметрическим данным используют наблюдения за лизиметрами с перемен-

ным уровнем грунтовых вод

$$П = \sum_{0}^{t} (\Delta h - \Delta h_л)\mu - Д, \qquad (32)$$

где Δh – изменение уровня грунтовых вод по наблюдательным скважинам за сутки;

$\Delta h_л$ – то же по лизиметрам;

$Д$ – дренажный отток.

Непосредственное определение подземного водообмена встречает значительные трудности как методические, так и в части получения необходимых исходных гидрогеологических данных. Поэтому практикуют и некоторые другие способы, основанные на анализе графиков колебания уровней грунтовых вод в периоды, когда размерами испарения и инфильтрационного питания можно пренебречь. Эти методы изложены в работах /12, 14, 17, 18, 36/.

Пополнение грунтовых вод за счет инфильтрации (осадков и поливной воды), фильтрации из каналов и из русел рек. Раздельный учет инфильтрационных поступлений в зону аэрации и в грунтовые воды представляет значительные трудности, в особенности за короткие промежутки времени.

Суммарный размер поступлений в грунтовые воды определяется из уравнения Каменского. Сопоставление полученных величин с размерами и сроками выпадания осадков, проведения поливов, работы каналов может позволить приближенно установить размеры поступлений в грунтовые воды от осадков, поливов и фильтрации из каналов.

Доля осадков, попадающих в грунтовые воды, может быть определена путем наблюдений за подъемом уровня грунтовых вод сразу после выпадания осадков:

а) в лизиметрах;

б) по наблюдательным скважинам на участке.

Эти наблюдения желательно сопровождать измерениями влажности зоны аэрации до и после выпадания осадков, что позволит проконтролировать увеличение запасов влаги в зонах аэрации и грунтовых вод.

Аналогично должна определяться доля поливных вод, попадающих в грунтовые воды, с той только разницей, что наблюдения

надо вести до и сразу после завершения поливов по скважинам, расположенным на поливаемом участке и вблизи его (на расстоянии 50-100 м).

Следует организовать и специальные наблюдения за размером просачивания поливных вод на делянках размером от 5х5 до 10х10 м при различных поливных нормах, уровнях грунтовых вод и способах полива. Эти данные должны быть оборудованы скважинами по 2-м взаимно перпендикулярным створам (всего 5 скважин), по которым ведутся наблюдения за у.г.в. и влажность измеряется нейтронным способом. Около этих скважин берутся пробы на влажность (для определения ее весовым методом).

Поступление фильтрационных вод в грунтовые должно изучаться отдельно для постоянно действующих и временно действующих каналов при глубоких и близких грунтовых водах на основе измерения общей величины фильтрационных потерь, изменения запасов влаги в зоне аэрации и уровней грунтовых вод до и после окончания работы канала (для временно действующей сети).

Для временно действующей сети поступления фильтрационных потерь в грунтовые воды надо определять на основе наблюдений за режимом уровней грунтовых вод до и после подачи воды в канал, которые желательно сопровождать замерами влажности зоны аэрации.

Для постоянно действующей сети расход, поступающий в грунтовые воды, равен:

$$Q_{гр} = Q_{ф} - U_{к} - \frac{\Delta W_{а}}{t} - Q_{фк},$$

где $Q_{ф}$ - фильтрационный расход из канала (средний за период t, $Q_{фк}$ - то же в капиллярной зоне;

$U_{к}$ - средний за период t расход на испарение с капиллярной каймы (рис.5-а,б);

$\Delta W_{а}$ - изменение запасов в зоне аэрации за период t.

Для месячных, а тем более сезонных балансов можно приближенно принять $Q_{гр} \approx Q_{у}$,

где $Q_{у}$ - установившийся фильтрационный расход (рис.5,в).

Для месячных и сезонных балансов рекомендуется /I,9/ определять поступление фильтрационных потерь в грунтовые во-

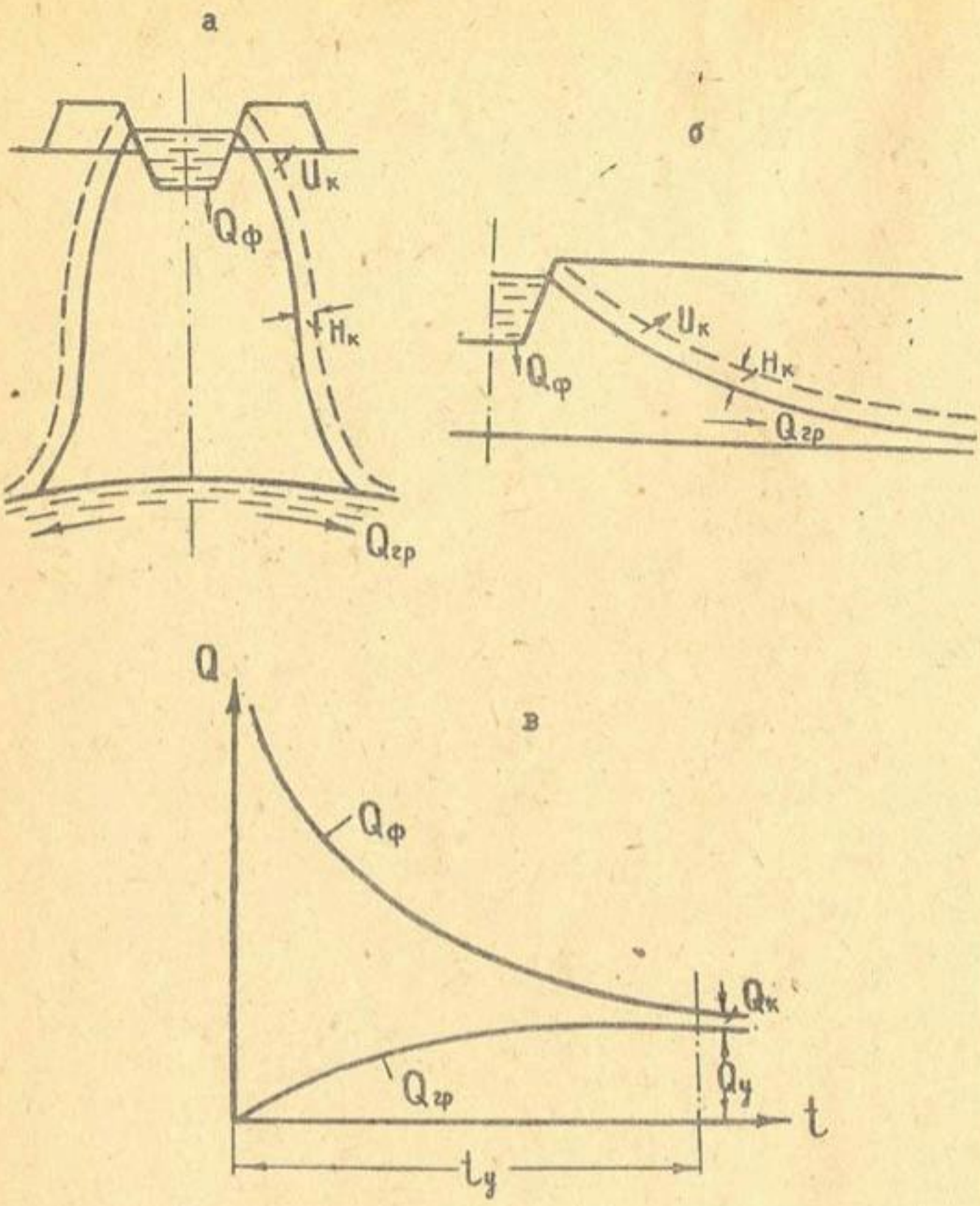


Рис.5. Схема фильтрации из канала: а) глубокое залегание грунтовых вод, б) близкое залегание грунтовых вод, в) изменение фильтрационного расхода $Q_ф$ и расходов на пополнение грунтовых вод ($Q_{гр}$) во времени $t_у$

$t_у$ – длительность установления фильтрации (от одних до нескольких суток в зависимости от уровня грунтовых вод).

ды по зависимости $Q_{пр} = \Sigma \alpha_i \cdot \Phi_i$,

где α_i – коэффициент, учитывающий, что только часть фильтрационных потерь из различных звеньев сети Φ_i поступает в грунтовые воды. Грубо для сезонных балансов $\alpha_i = 0{,}7 \div 1{,}0$.

Следует отметить, что этот способ удобно применять при очень глубоком залегании грунтовых вод (предгорная зона), где, действительно, большая часть фильтрационных потерь остается в зоне аэрации и непосредственно из нее расходуется.

При близких грунтовых водах более удобно принимать $Q_{пр} = Q_y$ и даже (для сезонных балансов) $Q_{пр} = \Sigma \Phi_i$, т.е. $\alpha_i = 1$, при этом расход фильтрационных потерь на насыщение зоны аэрации и испарение автоматически войдет в член "g" (водообмен между зоной грунтовых вод и зоной аэрации).

Для определения размеров фильтрационных потерь в сети она должна быть оборудована постами на границах балансового участка (массива) и в голове отводов. Методика определения подробно изложена в работах Кабакова И.М. /8/.

При известном коэффициенте фильтрации потери воды могут быть определены по гидродинамическим сеткам, построенным по специальным створам пьезометров перпендикулярно к оси канала.

Для изучения сложных процессов формирования потока грунтовых вод и насыщения зоны аэрации за счет фильтрации из каналов и расходования его на испарение следует на ключевых участках применять метод радиоактивных изотопов (тритий и др.).

Большую роль в изучении этих вопросов может сыграть применение непрерывных методов изучения влажности (на основе нейтронного способа) и испарения. Только на оборудованных по последнему слову техники ключевых участках можно получить данные, необходимые для установления сложных закономерностей движения воды и солей в природных условиях.

Поступление фильтрационных потерь из русел рек определяется так же, как и для каналов – на основании замеров этих потерь по балансовым постам и наблюдений за режимом уровней грунтовых вод /8/.

На основании перечисленных наблюдений (лизиметрических, на площадях, режимных и т.д.) строятся кривые зависимости филь-

трационных поступлений от глубины залегания грунтовых вод, размеров поливных норм, величины осадков и т.д.

При наличии достаточного числа наблюдений можно получить соответствующие корреляционные зависимости.

ЛИТЕРАТУРА

I. Аверьянов С.Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель, М., Изд-во АН СССР, I959.

2. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги, Изд-во "Наука", I964.

3. Булавко А.Г. Оценка погрешности при водобалансовых исследованиях. Сб.работ по гидрологии № 7, Л., Гидрометеоиздат, I967.

4. Виноградов Г.Н. Опыт водобалансовых расчетов в ирригационно-мелиоративной практике, Фрунзе, Изд-во КиргФАН СССР, I950.

5. Голубев Б.А. Лизиметрические методы исследований в почвоведении и агрохимии. Под ред.Е.Г.Петрова, М., Изд-во "Наука", I967.

6. Дмитриев Е.А. Использование вариационно-статистических методов при изучении физических свойств почв. В сб."Агрофизические методы исследования почвы", М., Изд-во "Наука", I966.

7. Исследования и расчеты элементов водного баланса. Сб.статей под ред.канд.техн.наук П.Ф.Вишневского, Л., Гидрометеоиздат, I967.

8. Кабаков М.М. Потери воды в каналах и реках, Фрунзе, Изд-во "Кыргызстан", I967.

9. Каплинский М.И. а) Исследование мелиоративного состояния орошаемых земель.

б) Балансовые исследования на оросительных системах (составление и анализ водного баланса). Гл.УI, УП. Сб. "Производственные исследования на оросительных системах" под ред. к.т.н.М.М.Кабакова. Изд-во АН КиргССР, Фрунзе, I96I.

I0. Кац Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование, М., Сельхозгиз, I963.

10а. Кац Д.М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях, М., Изд-во "Колос", 1967.
11. Кенесарин Н.А. Формирование режима грунтовых вод орошаемых районов. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1959.
12. Киселев П.А. Исследования баланса грунтовых вод по колебаниям их уровня. Минск, Изд-во АН Белорусской ССР, 1961.
13. Константинов А.Р. Испарение в природе, Гидрометеоиздат, 1963.
14. Крылов М.М. Изучение баланса грунтовых вод орошаемых районов Узбекистана, Ташкент, 1956.
15. Крылов М.М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана, Изд. АН УзССР, 1959.
16. Лебедев А.В. Методика изучения баланса грунтовых вод и исследования зоны аэрации. Методическое руководство по изучению режима подземных вод, Госгеолтехиздат, М., 1954.
17. Лебедев А.В. Прогноз изменения уровня грунтовых вод на орошаемых территориях (гидрогеологические расчеты), М., 1957.
18. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод, М., 1963.
19. Материалы междуведомственного совещания по проблеме изучения и обоснования методов расчета испарения с водной поверхности и суши (август, 1965 г.), Валдай, Изд.ГГИ, 1966.
20. Материалы семинара по расчетам водного баланса речных бассейнов и организации комплексных воднобалансовых и агрометеорологических наблюдений (август, 1966 г.), Валдай, изд.ГГИ, 1966.
21. Методическое руководство по изучению режима грунтовых вод. Под общей редакцией Альтовского М.Е., Коноплянцева А.А., М., Госгеолтехиздат, 1954.
22. Методические указания к четвертой части Справочника по климату СССР", раздел 2 "Атмосферные"осадки", Изд.ГГО, 1966.

23. Методические указания по применению лизиметров для определения элементов баланса грунтовых вод, М., Изд.ВСЕГИНГЕО, 1961.
24. Методические указания управлениям Гидрометслужбы, № 48 (Наблюдения за режимом грунтовых вод), Л., Гидрометеоиздат, 1957.
25. Методические указания Управления Гидрометслужбы № 52 (Определение запасов влаги в почве, оценка влагозапасов водосборов), ГГИ, 1959.
26. Методические указания Управлениям Гидрометслужбы № 62 (ГГИ). Методика расчета испарения с почвы, воды и снега по метеорологическим данным, Гидрометиздат, 1961.
27. Методические указания Управлениям Гидрометслужбы № 73 (Расчет водного баланса речных бассейнов), Изд.ГГИ, Валдай, 1966.
28. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам вып.II. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Часть I, 1963.
29. Попов В.Н. Организация и производство наблюдений за режимом подземных вод (инструктивные указания), М.,1955.
30. Попов Л.В. Методы определения влажности почвы. Изд-во АН СССР, 1960.
31. Проект „Технических указаний по расчету испарения с поверхности суши." Материалы межведомственного совещания по проблеме изучения и обоснования методов расчета испарения с водной поверхности и суши, Изд.ГГИ, Валдай, 1966.
32. Пушкарев В.Ф. Приборы и методы измерения испарения с сельскохозяйственных полей. Материалы конференции по агрометеорологии и агроклиматологии Украинской ССР, Гидрометеоиздат, 1958.
33. Руководство по градиентным наблюдениям и определению составляющих теплового баланса (ГГО), Л., Гидрометеоиздат, 1964.
34. Руководство по производству наблюдений над испарением с почвы и снежного покрова, ч.I, Валдай, Изд.ГГИ,1963.

35. Руководство стоковым станциям (ГТИ). Л., Гидрометеоиздат, 1954.
36. Следнев А.Ф. Методы изучения баланса грунтовых вод. Изд-во АН УзССР, Ташкент, 1961.
37. Указания по производству снегомерных наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах, Л.,Гидрометеоиздат, 1965.
38. Харченко С.И. Методика лизиметрических исследований. Труды ГТИ, вып.135, 1966.
39. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель, Л., Гидрометеоиздат, 1968.
40. Вавилов А.П. Пьезометры в мелиоративных исследованиях САНИИРИ. Бюллетень научно-технической информации № 2. Ташкент, 1957.
41. Временные указания по введению поправок в месячные суммы осадков при расчетах водных балансов речных бассейнов. Изд.ГТИ, Валдай, 1967.
42. Каплинский М.И. Некоторые выводы из анализа водного баланса Чуйской впадины. Изв.АН КиргССР, сер. естеств.и техн.наук, т.Ш, вып.4, Фрунзе, 1960.
43. Каплинский М.И. О влиянии эпюры распределения влажности в зоне аэрации на некоторые расчетные параметры. Изв.АН КиргССР, серия естеств.и техн.наук, т.IУ, вып.10, Фрунзе, 1962.
44. Каплинский М.И. Некоторые результаты балансовых исследований в Чуйской впадине. Сб."Изучение элементов водного баланса, режима и техники орошения". Фрунзе, изд.ИНТИ, 1965.
45. Каплинский М.И. Опыт дренирования орошаемых земель Киргизии. Сб."Борьба с засолением орошаемых земель", М., Изд-во "Колос", 1967.
46. Каплинский М.И. Некоторые результаты исследований работы дренажа в условиях Чуйской впадины. Сб."Вопросы водного хозяйства" (мелиорация и водный баланс орошаемых земель), вып.УП, Фрунзе, Изд."Кыргызстан", 1968.

47. Костюк В.И. Водный баланс Панфиловской оросительной системы. Изв.АН КиргССР, т.IУ, вып.IO, Фрунзе,I962.
48. Костюк В.И. Определение водопотребления и режимов орошения на основе тепло-воднобалансовых исследований. Сб."Вопросы водного хозяйства", вып.УП (мелиорация). Фрунзе, Изд-во "Кыргызстан", I968.
49. Костюк В.И. Изучение испарения как элемента водного и теплового баланса Панфиловской оросительной системы. Сб."Вопросы водного хозяйства", вып.I (мелиорация). Фрунзе, Изд-во "Кыргызстан", I969.
50. Материалы междуведомственного совещания по проблеме изучения испарения с поверхности суши (август, I96I г.), Валдай, изд.ГГИ, I96I.
5I. Материалы междуведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы (август, I963 г.), Валдай, изд.ГГИ, I964.
52. Материалы совещания по вопросам экспериментального изучения стока и водного баланса речных водосборов (август, I964 г.), Валдай, изд.ГГИ, I965.
53. Мезенцев В.С. Об уравнениях связи между элементами водного и теплового балансов участка суши. Труды ОмСХИ им.С.М.Кирова, т.46, I962.
54. Саваренский А.Д. Система водобалансовых уравнений. Бюллетень научно-техн.информации ВНИИГиМ, № 5, I959.
55. Субботин А.С. К вопросу об измерении элементов баланса грунтовых вод лизиметрами (компенсационными испарителями). Труды ГГИ, вып.I25, I965.
56. Сукмбаев Д.А. Исследование испарения при близком залегании грунтовых вод. Дисс.на соискание ученой степени канд.техн.наук. Фрунзе, КиргНИИВХ, I966.

И.А.ЕНГУЛАТОВ

КРИТИЧЕСКАЯ ГЛУБИНА ГРУНТОВЫХ ВОД И НОРМА ОСУШЕНИЯ

Глубину, незасоляющую корнеобитаемую толщу, Б.Б.Полыванов и Н.А.Беседнов назвали критической глубиной грунтовых вод и ее размеры ставились в зависимость от мощности капиллярной каймы /2,II/.

Первоначальное понимание критической глубины последующими исследователями в отдельных деталях было пересмотрено, включая и методы исследований /9,I2 и др./.

Наряду с понятием критической глубины для условий с заболоченными, но незасоляющимися землями, А.Н.Костяковым выдвинуто понятие нормы осушения - глубина, предотвращающая переувлажнение почв /I0/.

Поскольку указанными глубинами в инженерной практике определяются размеры мелиоративных устройств, то их следует назвать проектными глубинами грунтовых вод, которые, поддерживая оптимальный водно-солевой режим в активном слое почвы, обеспечивают урожаи сельхозкультур не ниже плановых.

Величина проектной глубины в каждом случае будет определяться как природно-хозяйственными условиями, так и видом, а равно фазой развития сельхозкультур на севообороте (размеры урожая, агротехника, нормы солеустойчивости культур, режим орошения, метеорологические условия, минерализация грунтовых вод, структура почвенного профиля зоны аэрации и др.).

Ряд перечисленных факторов является во времени динамичным, поэтому установленные размеры проектных глубин грунтовых вод периодически должны корректироваться и на значительных по размерам площадях. Последнее обстоятельство предъявляет к методике определения требование мобильности, которое может быть достигнуто путем расчленения исследований на две составные части. Из них первая часть состоит в установлении норм солеустойчивости и влажности

сельскохозяйственных культур, а вторая - в определении темпов соленакопления в зоне аэрации.

В современных условиях как понимание солеустойчивости, так и методика определения, включая и единицы измерения (% от веса почвы, концентрация г/л и т.д.), носят субъективный характер. Поэтому рекомендуемые различными авторами нормы солеустойчивости, даже для одних и тех же условий, сильно отличаются, что требует унификации понимания и методологии исследований. При этом рекомендуемые нормы солеустойчивости и оптимальной влажности должны быть построены с учетом требуемых урожаев сельхозкультур.

Вторая часть исследований будет состоять из определения интенсивности испарения грунтовой воды и распределения солей по профилю зоны аэрации.

При установлении размеров проектной глубины грунтовых вод следует исходить из следующих принципиальных положений:

а) существующие два понятия (нормы осушения и критическая глубина) должны пополнять друг друга;

б) в сезонном разрезе засоление зоны аэрации может быть допущено в размерах (на фоне промывного режима орошения в годовом цикле), стимулирующих нормальное развитие сельхозкультур;

в) понижение грунтовых вод следует осуществлять с учетом принципа рационального использования водных ресурсов, недопуская непродуктивного расходования ее на испарение;

г) мероприятия по понижению грунтовых вод должны осуществляться в едином плане с пересмотром режимов орошения с реконструкцией оросительных систем (оросительные каналы, гидротехнические сооружения, водохранилища и т.д.);

д) окончательные размеры проектных глубин принимаются на основе технико-экономических соображений после проверки их в производственных условиях.

Расчеты по установлению проектных глубин в каждом случае производятся по следующей методике.

I. Соблюдение принципа недопущения переувлажнения почвы требует знания активного слоя зоны аэрации и ее оптимальной влажности в различные фазы развития сельхозкультур.

Верхний предел оптимальной влажности может быть принят равным наименьшей (предельной полевой) влагоемкости почвы. В таком случае запасы влаги в активном слое почвы, соответствующие оптимальной влажности, будут определяться по формуле

$$W = \gamma \Delta H . \qquad (I)$$

С другой стороны, запасы влаги в расчетном слое почвы определяются из зависимости:

$$W = \left[H(П - A\sqrt[3]{H}) - (H - \Delta H)(П - A\sqrt[3]{H - \Delta H}) \right] м^3/га . \qquad (2)$$

Совместное решение зависимостей (I) и (2) дает

$$\gamma \Delta H = \left[H(П - A\sqrt[3]{H}) - (H - \Delta H)(П - A\sqrt[3]{H - \Delta H}) \right] м^3/га , \qquad (3)$$

где γ – наименьшая (или предельная полевая) влагоемкость почвы;

ΔH – расчетный слой зоны аэрации;

$П$ – порозность в долях от объема почвы;

H – глубина залегания уровня грунтовых вод;

A – параметр, зависящий от механического состава почво-грунтов, который подробно рассмотрен в работе /3/.

Решая уравнение (3) относительно глубины грунтовых вод (H), можно получить проектную глубину грунтовых вод по условию недопущения переувлажнения активного слоя почвы.

Обычно проектная глубина, установленная по этому принципу, составляет H = I,0-I,2 м.

2. Исходным материалом при назначении проектной глубины по заданному темпу засоления служит, наряду со скоростью испарения, допустимая норма засоления расчетного слоя

на разных фазах развития сельхозкультур и послойное распределение солей в зоне аэрации.

Проектная глубина в этом случае определится из зависимости:

$$q' = \frac{\Delta H \Delta P \gamma}{10 \alpha M}, \qquad (4)$$

где q' – испарение грунтовых вод за расчетный период, обеспечивающее заданные темпы засоления;

ΔP – допустимый прирост засоления за расчетный период (обычно за вегетационный);

ΔH – размер расчетного слоя;

γ – объемный вес грунта;

M – минерализация грунтовой воды по расчетному элементу (по плотному остатку или по наиболее токсичным ионам);

α – коэффициент, зависящий от солевого профиля в конце расчетного периода /15/.

С другой стороны, размер испарения грунтовых вод q (в данном случае за вегетацию) связан с глубиной грунтовых вод. Следовательно, сравнивая q' и q, можно установить требуемую глубину, при которой темпы засоления расчетного слоя почвы не превысят установленных норм:

$$q_t = 2,1 q_0 e^{-14(\bar{t}-0,51)^2 - BH}, \qquad (5)$$

где $\bar{t}$ – безразмерное время, устанавливаемое из отношения $\bar{t} = \frac{t}{T}$;

T – годовой цикл в месяцах (или сутках);

t – текущее время в тех же единицах, что и T.

Суммарное испарение за интервал времени $\bar{t}_1 - \bar{t}_2$ (в частности для вегетации $\bar{t}_1 = 0,25$ до $\bar{t}_2 = 0,75$) в функции Лапласа будет определяться по формуле:

$$q_B = q_0 e^{-BH} \left[\Phi\left(\frac{\bar{t}_2 - 0,51}{0,19}\right) - \Phi\left(\frac{\bar{t}_1 - 0,51}{0,19}\right) \right] = 0,82 q_0 e^{-BH}. \qquad (6)$$

Совместное решение зависимостей (4) и (6) дает:

$$H=\frac{1}{\beta}\ln\frac{982\alpha Q_0 M}{10\Delta H\Delta P\delta}. \qquad (7)$$

где β и Q_0 - являются параметрами /I2/.

Пользуясь этей методикой, установлены проектные глубины грунтовых вод для староорошаемой зоны Голодной степи (см.таблицу).

3. Сущность назначения проектной глубины грунтовых вод по принципу рационального использования водных ресурсов состоит в недопущении непродуктивного его испарения.

Фактический материал показывает на сильное затухание испарения грунтовых вод, начиная с глубины в I,5м, которая может служить критерием.

4. Понижение грунтовых вод может вызвать пересмотр оросительных норм в сторону их повышения и увеличения фильтрационных потерь из оросительных каналов. Вопрос уточнения режимов орошения входит в компетенцию агротехнической специализации и здесь не рассматривается.

Таблица

Геоморфологические единицы или тип засоления	При плотном остатке, г/л			
	3,0	5,0	7,0	I0,0
Террасы				
I-я	I,I	I,7	I,9	2,2
2-я	I,3	I,8	2,0	2,I
3-я	I,2	I,7	I,8	2,I
Понижения				
Шуруэякское	I,6	2,0	2,2	2,5
Сардобинское	2,0	2,0	2,2	2,5

Изменение потерь на фильтрацию из оросительных каналов при подпертой фильтрации определяется из суммы:

$$\Delta Q_ф = Q'_ф - Q_ф, \qquad (8)$$

где $Q'_ф$ и $Q_ф$ – фильтрационные потери из оросительных каналов при разных значениях $\bar{\Delta}$, определяемые суммой ($Q_ф = Q_{др} + Q_и$) при определенной глубине грунтовых вод;

$Q_{др}$ – грунтовая вода, отводимая дренажем.

Расход воды на испарение определится из зависимости:

$$Q_и = 4q_0 K\alpha\left[\frac{1}{1+Be^{\alpha L}} - \frac{1}{1-B}\right]; \qquad (9)$$

$$B = \frac{1}{(\sqrt{1+K}-\sqrt{K})^2}; \quad K = \frac{\delta Q_{др}^2}{2q_0 a}e^{-\delta\bar{\Delta}}; \quad \alpha = \sqrt{\frac{a}{2q_0\delta K}};$$

где a – удельная водопроводимость водоносных пород;

$\bar{\Delta}$ – средняя глубина залегания уреза воды в коллекторно-дренажной сети;

L – среднее расстояние между смежными оросительным каналом и дреной;

$Q_{др}$ – дебит дренажной воды, приходящейся на I пог.м, согласно работе /4/ определяется зависимостью:

$$L = \alpha\ln\frac{1}{e^{\delta\bar{\Delta}}\left(\sqrt{\frac{\delta Q_{др}^2}{2q_0 a}}-\sqrt{K}\right)^2\left(\sqrt{1+K}+\sqrt{K}\right)^2}. \qquad (10)$$

Из уравнений (9,10) можно установить количественную связь между $\bar{\Delta}$ и $Q_ф$, а следовательно и $\Delta Q_ф$.

В частности, наши расчеты, выполненные для условий Сырдарьинского района Голодной степи, показывают на прирост фильтрационных потерь $\Delta Q_ф = 4{,}5$ м^3/сек (в период наибольшего потребления воды) при понижении грунтовых вод на 0,6 м. Наряду с этим изменится также режим орошения и размер общего дефицита в воде будет значительно больше и понадобится решить вопрос о его компенсации, что за счет использования минерализованной грунтовой воды нежелательно.

При отсутствии иных источников компенсация за счет грунтовых вод должна базироваться на равномерном распреде-

лении солей в пределах бассейна реки в связи с чем некоторая часть грунтовой воды будет выведена за пределы системы. Наряду с этим при повторном использовании воды потери ее на испарение неизбежны, т.е. при всех условиях известный дефицит будет, что потребует увеличения пропускной способности каналов и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

I. Аверьянов Е.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод, "Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод", Изд-во АН СССР, I956.

2. Беседнов Н.А. Мелиорация засоленных почв, Сельхозгиз, М., I958.

3. Енгулатов И.А. К вопросу расчета запасов влаги в зоне аэрации почво-грунтов, Тр.САНИИРИ, вып.II9, Ташкент, I969.

4. Енгулатов И.А. Частный случай расчета в подземном водообмене, Тр.САНИИРИ, вып.I25, Ташкент, I970.

5. Енгулатов И.А., Еременко Г.В., Усманов А. О проектной или "критической глубине" грунтовых вод, "Гидротехника и мелиорация", № 7, I964.

6. Енгулатов И.А., Еременко Г.В. Дренажный сток и методы его определения, "Вопросы гидротехники", вып.29, Ташкент, I965.

7. Енгулатов И.А. Определение испарения грунтовых вод методом расчетов, "Вопросы гидротехники", вып.28, I965.

8. Енгулатов И.А., Калханов Е. Неустановившаяся фильтрация воды из каналов при наличии испарения, Тр.САНИИРИ, вып.II3, Ташкент, I967.

9. Кац Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование, М., I963.

10. Костяков А.М. Основы мелиораций, Сельхозгиз, 1960.
11. Полынов Б.Б. Определение критической глубины залегания уровня, засоляющей почву грунтовой водой, Известия сектора гидротехнических и геодезических сооружений, вып.XXIII, М.-Л., 1930.
12. Федоров Б.В. О критическом режиме грунтовых вод, Тр.отделения гидротехники и мелиорации,ВАСХНИЛ, М., 1967.

И.А.ЕНГУЛАТОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ ИХ РАБОТЫ

Обзор имеющихся способов исследования фильтрационных потерь на действующих оросительных системах позволяет считать, что прямые методы по результатам пока наиболее надежны.

Формульный материал может быть использован для обобщений и построения функциональных зависимостей, необходимых при научных анализах или на вновь проектируемых системах. Из прямых методов исследования следует отдать предпочтение балансовому, который широко используется эксплуатационной гидрометрией. Однако принятые сроки наблюдений (двух- или трехразовые за сутки) в условиях работы каналов с неустановившимся режимом должных результатов не дают, и исследования следует проводить с учетом времени прохождения струи через определенные створы испытуемых каналов.

Этот метод нами был использован при определении потерь воды на двух каналах Сохской оросительной системы Ферганской области - Караул-Тепе и Улят.

. Река Сох, будучи источником орошения ледникового питания, наряду с сезонными имеет значительные суточные колебания расходов. Поэтому закономерность изменения расходов (в суточном разрезе) на головных участках оросительных каналов этой системы была выражена гармоническим рядом Фурье. Для установления коэффициентов Фурье головные гидрометрические посты ряда типичных каналов системы были снабжены самописцами.

По данным суммарных расходов этих каналов определялись безразмерные значения расходов

$$\bar{Q} = \frac{Q_i}{Q_{сф}}, \qquad (I)$$

где $\bar{Q}$ - безразмерные расходы;

$Q_{сф}$ - среднесуточный суммарный головной расход всех каналов, опостованных самописцами;

Q_i - составляющие суммарного суточного расхода.

На основе безразмерных расходов были установлены коэффициенты Фурье, которые путем умножения их на расчетные расходы отдельных каналов конкретизировались и устанавливались лишь для первой гармоники и при наименьшем аргументе, соответствующем в суточном разрезе интервалу времени в один час ($\kappa t = 15^0$).

Последующая задача состояла в установлении для двух исследуемых каналов функциональной зависимости:

$$Q = f(S,t),$$

где S - расстояние от головного гидрометрического поста до рассматриваемого створа канала;

t - время.

Как известно, задача о неустановившемся движении воды в открытом русле приводится к решению системы дифференциальных уравнений гиперболического типа (нелинейные уравнения с переменными коэффициентами). Эта система уравнений решена с различными допусками, в частности, Н.Т.Мелещенко /I/ - на основании предпосылок теории волн малой амплитуды.

Не останавливаясь на ходе решения, которое дано в ряде работ /I,3 и др./, приведем полученные результаты:

а) когда водоток имеет неизменные гидравлические элементы по длине

$$q = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\, e^{\rho S} \cos(\kappa t + q_1 S + \varepsilon_1); \qquad (2)$$

б) при значительных изменениях гидравлических элементов по длине расчета выполняются по участкам, пользуясь зависимостью

$$q^n = A^n \cos(\kappa t + B^n), \qquad (3)$$

где q - изменения расходов вдоль потока (относительно головного расхода);

α, β - конкретизированные значения коэффициентов Фурье.

Остальные слагаемые уравнений (2) и (3) определяются по формулам, приводимым в работах /I,3/.

Таким образом, пользуясь зависимостями (2) и (3), установлена закономерность изменения расходов вдоль исследуемых каналов в функции времени t . В том числе канал Караул-Тепе по длине имеет более или менее выраженные изменения гидравлических элементов, вследствие чего здесь рассматриваем 4 участка. Из них первые три служат расчетными и четвертый – замыкающим. По каналу Улят резких изменений в гидравлических элементах не наблюдается – ограничиваемся одним участком, используя зависимость (2).

Гидравлические элементы при расчетах приняты по материалам нивелировок и гидрометрических наблюдений и соответствуют средним суточным расходам.

Элементы неустановившегося режима определены для максимальных и минимальных расходов, в пределах которых проводились полевые исследования и обобщения материалов эксплуатационной гидрометрии. В каждом случае, переходя к конкретным расходам, безразмерные коэффициенты Фурье пересчитывались (путем умножения их на средние расходы, при которых проводились полевые исследования или обобщения материалов эксплуатационной гидрометрии), а остальные элементы, входящие в зависимости (2) и (3), устанавливались путем интерполяции.

Таким образом, зависимости (2) и (3), конкретизированные для отдельных створов исследуемых каналов, приводятся в таблице.

Пользуясь этими уравнениями, определили ряд важных положений.

I Установили ту погрешность в определениях потерь воды, которая возможна при использовании материалов эксплуатационной гидрометрии, если полагать наблюдения трехразовыми за сутки. Для этого, решая табличные уравнения при t =7,0, I3,0 и I9,0 (установленные в эксплуатационной гидрометрии сроки наблюдений), определили изменения расходов (Q), которые могли установиться в срочные часы наблюдений в отдельных створах каналов (см.табл.)

Таблица

Пикетаж по каналу	Вид уравнения	Изменения расходов (Q) по времени, час.			Относительная погрешность, %	Время прохождения максимальных и минимальных расходов
		7,0	I3,0	I9,0		
I	2	3	4	5	6	7
	Канал Караул-Тепе					
	а) максимальные расходы					
0	$Q = 0{,}64 \cos (15t - 288)$	0,64	0,032	-0,64		7 и I9
3I+50	$Q = 0{,}59 \cos (15t - 297)$	0,58	0,I2	-0,58	4,20	8 и 20
56+50	$Q = 0{,}56 \cos (15t - 306)$	0,52	0,20	-0,52	9,5	8,5 и 20,5
88+50	$Q = 0{,}52 \cos (15t - 321)$	0,42	0,3I	-0,42	I8,0	9,5 и 2I,5
	б) минимальные расходы					
0	$Q = 0{,}27 \cos (15t - 288)$	0,27	0,0I4	-0,27		7 и I9
3I+50	$Q = 0{,}25 \cos (15t - 30I)$	0,24	0,069	-0,24	5,8	8 и 20
56+50	$Q = 0{,}24 \cos (15t - 3I3)$	0,I23	0,I8	-0,I23	26,0	II и 23

I	2	3	4	5	6	7
	Канал Улят					
	а) максимальные расходы					
0	$Q = 0,15 \cos (15t - 288)$	0,15	0,008	-0,15		7 и 19
7 +00	$Q = 0,145 \cos (15t - 290)$	0,144	0,012	-0,144	2,0	7,3 и 14,3
16+00	$Q = 0,138 \cos (15t - 293)$	0,138	0,018	-0,138	3,2	7,5 и 19,5
68+00	$Q = 0,106 \cos (15t - 309)$	0,097	0,043	-0,097	9,0	8,7 и 20,7
	б) минимальные расходы					
0	$Q = 0,055 \cos (15t - 288)$	0,055	0,003	-0,055	0	7 и 19
7 +00	$Q = 0,052 \cos (15t - 290)$	0,051	0,005	-0,051	2,5	7,5 и 19,5
16+00	$Q = 0,048 \cos (15t - 294)$	0,048	0,008	-0,048	4,7	7,5 и 19,5
68+00	$Q = 0,031 \cos (15t - 314)$	0,027	0,015	-0,027	12	9 и 21

При этих данных среднесуточные значения изменений расходов, установленные методом, принятым в эксплуатационной гидрометрии (метод простого осереднения), будут определяться величинами, помещенными в таблице. Действительные значения среднесуточных колебаний расходов q, установленные интегрированием табличных уравнений в пределах t = 0-24 час., составляют $q_{ср} = 0$.

Таким образом, данные таблицы представляют значения абсолютных ошибок, которые по мере удаления от головного участка возрастают, относя эти погрешности к тем средним расходам, которые должны установиться по плану водопользования на соответствующих створах каналов, получены относительные погрешности (см.табл.). Из этих результатов следует, что в ряде случаев относительные погрешности в среднесуточных расходах, установленные путем осреднения трехразовых наблюдений, значительно больше точности измерительных приспособлений.

Следовательно, утверждения ряда авторов /2,4/ в части возможности использования материалов эксплуатационной гидрометрии для установления фильтрационных потерь, нельзя признать безоговорочно справедливыми.

2. При значительных суточных колебаниях расходов каналов более правильно назначать сроки наблюдений с учетом времени добегания волны до отдельных створов. Это время установлено путем нахождения максимумов (или минимумов) функции.

В качестве примера взято уравнение, составленное для створа на ПК 88+50 канала Караул-Тепе. Производная этого уравнения по аргументу составляет

$$\frac{dQ}{dt} = -15 \sin(15t - 321) = 0.$$

Приведенное условие возможно при t = 9,5 или 21,5 час.

Аналогичное решение уравнения для головного участка дает t = 7 и 19 час. Следовательно, время добегания струей до концевого створа составило 2,5 час. Поплавочный метод

определения времени добегания показал, что из серии поплавков в 10 шт. через створ прошли 6. Из них 4 – через 3 час. (в среднем) после их пуска, 2 – значительно позже.

Данные обстоятельства показали, что при таких исследованиях поплавочный метод нельзя признать безупречным, и перечисленные два метода могут служить для взаимного контроля.

В этом отношении наиболее надежным средством учета служат автоматические самописцы. Однако не всегда можно переоборудовать исследуемые каналы на эти приспособления. Необходимо также отметить, что проблема о неустановившемся режиме работы каналов во всей полноте может быть решена только аналитическим методом.

Таким образом, время прохождения максимумов и минимумов неустановившегося режима отдельных створов определено указанным методом (см.табл.). При всех промежуточных расходах время прохождения максимумов и минимумов расходов через створы установлено интерполяцией.

3. Неустановившийся режим работы каналов требует пересмотра единовременных сроков наблюдений гидрометрических постов. При этом будем придерживаться условий недопущения погрешностей в расходах более тех, которые определяются измерительными приспособлениями, имеющимися на вооружении. Амплитуда колебаний расходов достигает наибольших значений на головных участках, поэтому сроки наблюдений установлены в ориентации на них.

Кроме того, из-за постоянства безразмерных коэффициентов Фурье, колебания расходов на головных частках всегда будут подобными, поэтому можно ограничиться установлением сроков наблюдений для одного случая.

Исходя из сказанного, составляем разность вида:

$$\delta Q_{oc\phi} = Q_\phi - Q'_{c\phi}. \qquad (4)$$

где $Q_{оср}$ – среднесуточный расход воды на головном участке;

γ – погрешность, которая может быть допущена в определениях расходов, и ее принимаем $\gamma = 0{,}05$ (5%);

$q_{ср}$ – среднее колебание расхода за время $\Delta t = t_2 - t_1$, установленное по табличному уравнению.

В частности, из уравнения, характеризующего изменения минимальных расходов на пикете 0 канала Караул-Тепе, имеем

$$q_{ср} = \frac{1}{\Delta t}\int_{t_1}^{t_2} 0{,}64\cos(15t - 288)\,dt, \qquad (5)$$

$q'_{ср}$ – то же, установленное на основе срочных наблюдений (как среднее арифметическое)

$$q'_{ср} = \frac{0{,}64}{2}\left[\cos(15t_1 - 288) + \cos(15t_2 - 288)\right]. \qquad (6)$$

Для упрощения расчетов примем $t_1 = 0$ и тогда совместное решение зависимости (4,5,6) даст

$$Q_{ср}\cdot\gamma = \frac{0{,}64}{15t_2}\left[\sin(-288) - \sin(15t_2 - 288)\right] - \frac{0{,}64}{2}\left[\cos(-288) + \cos(15t_2 - 288)\right]. \qquad (7)$$

Решая последнее уравнение при $Q_{ср} = 2{,}9$, составляющем головной расход, путем подборов находим $t_2 = 5$ час.

Из условия соблюдения кратности принимаем сроки наблюдений через интервалы времени в 4 часа (8, I2, I6, 20, 24).

Данная схема наблюдений была положена в основу полевых исследований. В ряде случаев с учетом времени добегания воды назначались дополнительные сроки наблюдений.

4. Последняя наша задача – обобщить многочисленный материал эксплуатационной гидрометрии по рассматриваемым двум каналам.

Допустим, что среднесуточный расход, установленный методом, принятым в эксплуатационной гидрометрии, составляет $Q_{ср}$ с относительной ошибкой α.

В таком случае абсолютная ошибка будет $\alpha Q'_{ср}$ и среднесуточный уточненный расход определится из соотношения:

$$Q'_{ср} = \frac{Q_{ср}}{1-\alpha}. \qquad (8)$$

Значение относительной ошибки (α) для любого расхода устанавливалось интерполяцией табличных погрешностей, затем использованием зависимости (8) уточнялись среднесуточные расходы, установленные эксплуатационной гидрометрией.

Так, были проведены значительные работы по исследованиям и обобщению накопленного в эксплуатационной гидрометрии материала по фильтрационным потерям из межхозяйственных каналов Багдадского района УзССР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелещенко Н.Т. Применение теории длинных волн малой амплитуды к вопросам суточного регулирования, Изв.ВНИИГ, т.28, 1940.
2. Оффенгенден Е.Р. Эксплуатация гидромелиоративных систем, Сельхозгиз, М., 1962.
3. Чертоусов М.Д. Гидравлика (спецкурс), Госэнергоиздат, М.-Л., 1962.
4. Шаров И.Л. Эксплуатация гидромелиоративных систем, М., 1952.

А.РАМАЗАНОВ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЧЕРЕЗ ПОСЕВЫ КУЛЬТУРЫ РИСА

Промывные поливы в летний период с одновременным возделыванием культуры риса - одна из разновидностей освоения сильнозасоленных земель. В староорошаемой части Голодной степи, Центральной Фергане и Кура-Араксинской низменности с испокон веков рис успешно применяется как мелиоративная культура. Однако без широкого применения дренажа на мелиоративно неблагополучных землях промывные поливы через посевы риса несколько ухудшали водно-физические свойства зоны аэрации, снижали плодородие почвы и др. В результате сложилось укоренившееся мнение об отрицательном влиянии возделывания риса на почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия промываемых и прилегающих к ним земель.

Промывные поливы в летний период на фоне риса рекомендуются и на массивах с сульфатным типом засоления. Следует отметить, что к настоящему времени накопилось достаточное количество материалов, указывающих на то, что при определении сроков промывки солевой состав почво-грунтов большого значения не имеет. Лабораторными и полевыми опытами установлено, что интенсивность выноса сульфатов из почвенной толщи почти одинаковы во все периоды года /IO, I, I7/.

Вопрос о промывке засоленных земель указанным методом и ранее освещался в литературе, но благодаря противоречивым мнениям ученых широкого применения в практике не нашел.

На современном этапе развития сельского хозяйства необходимость рассоления почво-грунтов признана наукой и разработаны различные мероприятия, способствующие ликвидации излишка солей в почве. Одно из них - строительство коллекторно-дренажной сети, необходимой частоты и глубины, благодаря которой можно регулировать водный и солевой режимы территории. Признание применения дренажа в корне изменило

сущность и технологию осуществления промывных поливов вообще и, через посевы культуры риса, в частности.

В данной статье сделана попытка установить показатели мелиоративной эффективности возделывания риса на засоленных землях при той или иной системе дренажа. На основании результатов исследований, проведенных в Голодной степи и Северной Мугани, рассматриваются: эффективность использования подаваемой на рисовые поля воды; степень и характер рассоления почвенной толщи при орошении риса; влияние длительного затопления рисового поля на водно-солевой режим прилегающих земель; изменение показателей плодородия почвы при возделывании риса на засоленных землях.

Известно, что на засоленных или подверженных засолению землях возделывание риса преследует цель рассоления толщи почво-грунтов от избытка водно-растворимых солей.

Сопоставление и анализ имеющихся материалов и результатов исследований показывает, что в районах, где культура риса возделывается с целью рассоления толщи почво-грунтов (за исключением Северной Мугани), эффективность использования оросительной воды довольно низкая. Основной объем ее используется непроизводительно: доля воды, идущей непосредственно на фильтрацию через почвенную толщу, по данным многих авторов, колеблется от 26 до 52% от объема воды, поданной на единицу площади. На участках производственных посевов риса собственно на рассоление толщи тратится только одна треть, а в опытных - меньше половины (28-52%) от общего объема поданной воды. Иначе говоря, при существующей технологии промывок больше половины подаваемой на рисовые поля воды теряется безвозвратно в виде поверхностного сброса (табл.I).

По мнению некоторых исследователей, для полного освоения сильнозасоленных земель рекомендуется возделывание культуры риса на одном участке повторять подряд 2-3 года или периодически в севообороте, чтобы предупреждать вторичное засоление активной толщи после промывки. Надо полагать,

Таблица I

Использование оросительной воды при промывке засоленных земель через посевы риса

Массив	Автор	Продолжительность выращивания риса, год	Всего за период вегетации риса подано, м³/га	В том числе				
				на сброс		на суммарное испарение, м³/га	на промывку	
				м³/га	%		м³/га	%
Производственные промывки								
Голодная степь	Легостаев В.М.	I	85000	55250	65	7500	22250	26,5
	Лифшиц Э.А.	I	65000	35750	55	7500	21750	33,4
Опытные промывки								
Голодная степь	Стец В.М.	I	47900	21076	44	7500	19324	40,3
	Иконому Д.А.	I	46800	22900	49,1	12100	12800	27,3
	Лазаридис В.Д.	I	28600	4000	14,0	9700	14900	52,1
	Рамазанов А. и др.	I	38460	12560	31,8	10800	15100	39,2
	Рамазанов А. и др.	I	36738	13740	27,2	10600	12398	33,7
Центральная Фергана	Крюгер Т.П.	2	25000	5750	23,0	10000	9250	37,0
Хорезмский оазис	Мериненский М.С.	I	30000	7500	25	7500	15000	50
Киргизская ССР	Баженов Н.К. и др.	I	72000	34000	41,6	11000	27000	37,5
Северная Мугань (АзССР)	Рамазанов А. и др.	I	77500	387,5	0,5	6040	71075	91,7
	"	I	62000	1860	3	6040	54100	87,2
	"	I	44200	1748	4,2	6040	36412	82,4
	"	I	32700	1635	5	6040	25025	76,6

что при таком неэффективном использовании подаваемых вод возделывание риса на одном участке несколько лет или в севообороте будет сопровождаться потерями большого количества ценной и нужной для сельскохозяйственного производства оросительной воды.

На рисовых полях создание проточности - поверхностный сброс - обусловливается необходимостью регулирования температуры воды и верхнего слоя почвы. В период получения всходов проточность на рисовых полях необходима для обогащения воды кислородом /3/. Однако в материалах, опубликованных в периодической печати, нет данных об оптимальной величине поверхностного сброса с рисовых полей на засоленных или подверженных засолению землях. Для районов с незасоленными землями считается допустимым поверхностный сброс в объеме 10% от водоподачи /4/.

Опыты, проведенные в условиях Северной Мугани, где распространены серо-коричневые луговые почвы со средней и сильной степенью засоления, показали, что при обеспечении отвода с рисовых полей срабатываемых вод соответствующей системой дренажа культуру риса можно успешно возделывать при минимальном объеме поверхностного сброса. На участке, где расстояние между дренами 100 м, объем поверхностного сброса не превышал 0,5%, а при 500 м - 5% от водоподачи, т.е. с уменьшением степени дренированности территории объем поверхностного сброса увеличивается. Урожай риса при такой проточности варьировал от 35 до 42 ц/га.

В зоне нового орошения Голодной степи при наличии закрытых дрен с расстоянием между ними 180 м и временных мелких дрен урожай риса 40 ц/га был получен при поверхностном сбросе в 14% от водоподачи. Почво-грунты этого участка до посева риса имели среднюю и сильную степень засоления.

Из приведенных выше данных видно, что при достаточной протяженности дренажа и минимальном объеме поверхностного сброса на засоленных или подверженных засолению землях можно получить высокие урожаи риса. Нам представляется, что

вопросы необходимой величины поверхностного сброса с рисовых полей, с мелиоративной точки зрения, предмет специального исследования, в решении которого крайне заинтересованы как проектные, так и хозяйственные организации.

При возделывании риса на засоленных землях в почве создается промывной водный режим, под влиянием которого происходят значительные изменения в количественном и качественном отношении и направленности химических, физических и биологических процессов.

Результаты исследований, проведенных в орошаемой зоне, показывают, что мелиоративная эффективность при возделывании риса довольно высокая. При условии своевременного отвода срабатываемых вод системой дренажа за период вегетации риса глубина рассоления может охватить толщу 3-5 и более метров (табл.2).

В зоне Шурузякского понижения /6/, где почво-грунты отличаются исключительно тяжелыми условиями, за оросительный период риса активным рассолением охвачена толща 0-3 м (как по хлор-иону, так и по плотному остатку). Использование на орошение риса воды с минерализацией I,2-2,0 г/л, откачиваемой из скважины вертикального дренажа, в смеси с оросительной способствовало уменьшению содержания хлор-иона в толще 0-2 м с 0,I30-0,280 до 0,03-0,035% от веса почвы. Однако несмотря на очень сильное уменьшение солесодержания в активной толще, рассолением не охватывался верхний слой грунтовых вод. Местами отмечалось даже некоторое увеличение минерализации грунтовых вод по сравнению с ее исходным содержанием, что, видимо, связано с перераспределением солей по профилю почвенной толщи.

В зоне нового орошения Голодной степи опыты по промывке с одновременным возделыванием культуры риса были проведены при сочетании временных мелких (0,8-I,0 м) и глубоких закрытых дренажей. Из испытанных вариантов расстояний между дренами (закрытый) I80, 260 и 3I0 м в первых двух случаях земли, имеющие среднюю и сильную степень засоления, за по-

Таблица 2

Изменение засоления почво-грунтов при промывке через посевы культуры риса (хлор-ион,%)

Массив	Тип дренажа, расстояние между дренами, м	Норма подачи, тыс.м³/га	Толща, см 0-100	100-200	200-300	Минерализация грунтовых вод, г/л (плотный остаток)
Голодная степь:						
а) зона старого орошения	Вертикальный	46,8	0,220 / 0,035	0,180 / 0,160	0,100 / 0,085	9,0 / 8,5
	"	44,3	0,280 / 0,030	0,130 / 0,024	0,280 / 0,056	5,81 / 8,0
б) зона нового орошения	Закрытый, 180	28,6	0,058 / 0,025	0,110 / 0,022	0,110 / 0,023	18,6 / 24,3
	" 260	38,4	0,046 / 0,025	0,040 / 0,023	0,060 / 0,024	11,13 / 7,65
	" 310	36,7	0,461 / 0,042	0,342 / 0,070	0,346 / 0,172	37,9 / 28,79
2. Северная Мугань (АзССР)	Открытый, 100	77,5	0,097 / 0,019	0,215 / 0,019	0,248 / 0,023	25,89 / 3,86
	" 200	44,2	0,028 / 0,009	0,070 / 0,014	0,170 / 0,025	20,11 / 7,43
	" 280	62,0	0,067 / 0,013	0,110 / 0,014	0,108 / 0,016	20,8 / 6,68
	" 400	32,7	0,216 / 0,108	0,322 / 0,181	0,479 / 0,296	55,41 / 22,62

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

риод вегетации риса удалось рассолить на глубину до 3 и более метров. Процессом рассоления были охвачены и верхние слои грунтовых вод, минерализация которых по сравнению с исходным их содержанием значительно уменьшилась.

Для земель с сильной и очень сильной степенью засоления при расстоянии между закрытыми дренами 310 м одного года возделывания риса оказалось недостаточно. Несмотря на значительное уменьшение содержания хлор-иона и плотного остатка за период возделывания риса засоление еще не доведено до допустимого предела.

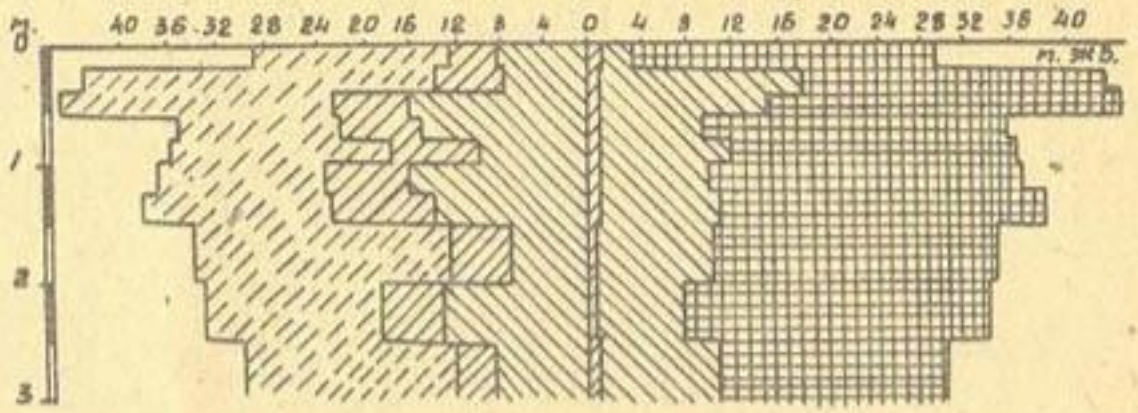
Очень высокий мелиоративный эффект от возделывания риса получен на засоленных землях Северной Мугани. При промывке земель в летний период из испытанных вариантов расстояний между открытыми глубокими дренами 100, 200, 280 и 400 м в первых трех случаях толща почво-грунтов была полностью рассолена на глубину заложения дрены (3-3,5 м). Содержание хлор-иона в толще 0-3 м после промывки не превышал 0,01-0,02% от веса почвы. Рассоление почвенной толщи сопровождалось также и опреснением верхнего слоя грунтовых вод. При исходной минерализации грунтовых вод 20-25 г/л по плотному остатку, к концу вегетации риса она снизилась до 3-7 г/л.

В варианте расстояний между дренами 400 м несмотря на значительное уменьшение содесодержания в толще почво-грунтов за период орошения риса оно не было доведено до порога токсичности.

Сопоставление солевых профилей почвенной толщи по характерным разрезам показывает, что при длительном затоплении рисового поля наиболее интенсивно вымываются такие токсичные для сельскохозяйственных культур соли, как хлориды ($NaCl$, $MgCl_2$), сернокислый натрий и магний. Интенсивность вымыва гипса довольно различна, но в большинстве случаев содержание его значительно уменьшилось по сравнению с исходным (рис.1,2).

Голодная степь

Разрез 18 (до промывки)



(после промывки)

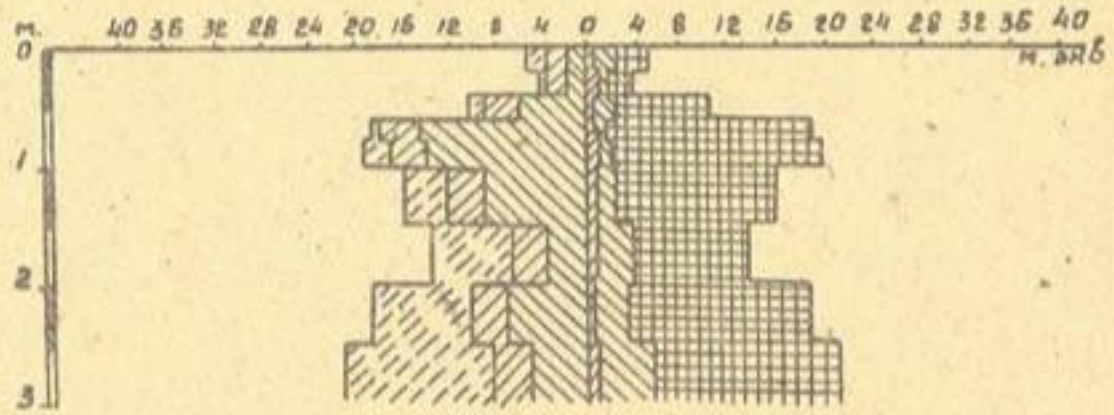


Рис.I.Солевой профиль и его изменение при промывке (рисовое поле).

— Na^{+} — HCO_3^{-}

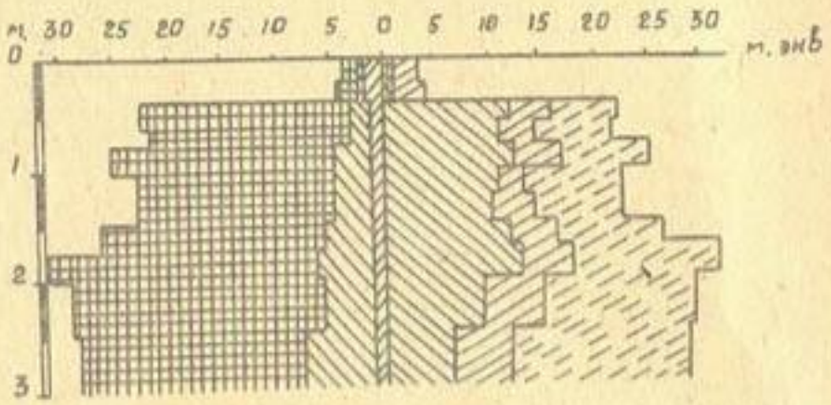
— Mg^{++} — Cl^{-}

— Ca^{++} — SO_4^{--}

Муганская степь

Разрез 3

(до промывки)



(после промывки)

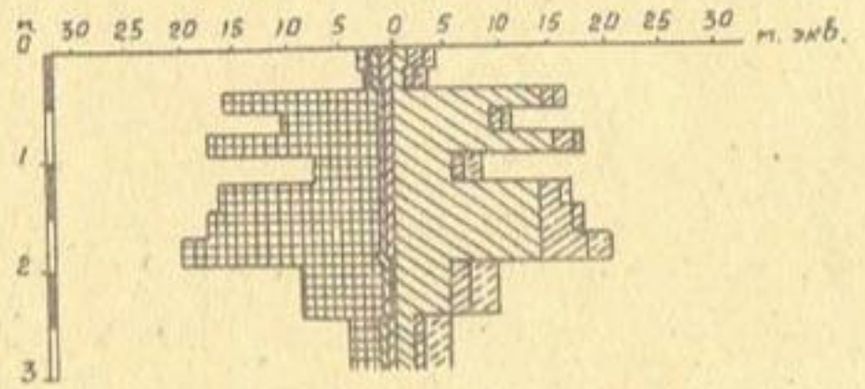
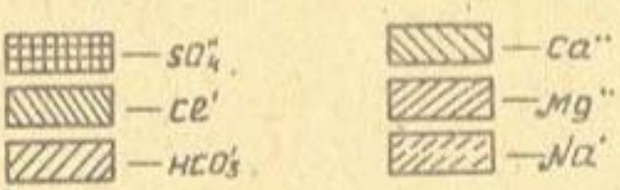


Рис.2.Солевой профиль и его изменение при промывке (рисовое поле):



Следует подчеркнуть, что во всех рассматриваемых случаях отмечено уменьшение общей щелочности в почве к концу вегетации риса. Надо допустить, что имеющиеся на участках возделывания риса дрены создавали условия более частого обмена воды через почвенную толщу, благодаря чему значительно улучшалась и реакция среды. Об этом свидетельствует и активизация биологической активности почвы на рисовом поле к концу вегетационного периода.

Изложенное выше позволяет придти к заключению, что несмотря на различие в глубине и интенсивности рассоления почвенной толщи, промывные поливы на фоне культуры риса в условиях достаточной дренированности территории являются наиболее эффективным приемом мелиораций. Надо полагать, что при повышении эффективности использования подаваемой на единицу площади воды (регулирование объема поверхностного сброса) мелиоративная эффективность возделывания риса на засоленных землях значительно возрастает.

Опыты по промывке засоленных земель через посевы культуры риса были проведены при расстоянии между дренами 180, 260, 310 м - в Голодной степи; 100, 200, 280 и 400 м - в Северной Мугани. Визуально установили, что имеющиеся дрены перед началом заливки чеков были в нормальном техническом состоянии.

Результаты наблюдений, проведенных на опытных участках, показывают, что при условии длительного затопления рисового поля можно достичь высоких показателей работы горизонтального дренажа. В то же время эти показатели находятся в прямой зависимости от частоты и глубины заложения дренажа почвенно-мелиоративных, инженерно-геологических и др.условий.

В зоне нового орошения Голодной степи при коэффициенте фильтрации толщи 0,2-0,5 м/сутки за период вегетации риса глубокие закрытые дрены в сочетании с временными мелкими обеспечили отвод срабатываемых и инфильтрационных вод от 60 до 94,4% от водоподачи. При таком объеме отводимых с рисового поля вод на участке, прилегающем к магистральному каналу ЮГК, где трудноводопроницаемые гипсированные прослойки

залегают на незначительной глубине (0,2-0,5 м), доля отводимой временными дренами воды выше, чем по глубоким закрытым дренам и составляет 82,8% от водоподачи. А по глубоким дренам эта величина составляет всего II,6% (табл.3).

Таблица 3

Показатели работы дренажа при промывке земель через культуру риса

Массив	Тип дренажа, расстояние между дренами, м	Максимальный модуль дренажного стока, л/сек/л	Отведено дренами воды, % от водоподачи	Вынесено водорастворимых солей, т/га
Голодная степь (совхоз № 6)	Закрытый, I80	I,20[x/] / I,24	82,2 / II,6	28,6 / I62,7
	" 260	0,28 / 0,7I	4I,2 / I8,8	59,0 / 55,5
	" 3I0	0,76 / 0,64	24,8 / 39,5	I67 / I5I
Северная Мугань (АзССР)	Открытый, I00	I3,87	99,4	860
	" 200	I,80	59,2	588,6
	" 280	II,48	83,6	424
	" 400	4,36	67,0	4I0,I

[x/] в числителе - по глубоким дренам;
в знаменателе - по мелким дренам.

По мере удаления от ЮГК, при котором увеличивается глубина залегания трудноводопроницаемых гипсированных прослоек, объем воды, отводимой мелкими дренами, уменьшается,

а по глубоким дренам соответственно увеличивается. На участке, где трудноводопроницаемая гипсированная прослойка обнаружена на глубине 0,7-I,5 м от поверхности земли, объем отводимых временными дренами вод составляет 24,8%, а по глубоким закрытым дренам-39,5% от водоподачи.

При таких соотношениях объемов воды, отводимой с рисового поля дренами, в период полного затопления максимальные модули дренажного стока по временным дренам доходили до I,24 л/сек/га, а по глубоким закрытым - I,20 л/сек/га. За период возделывания риса с дренажными водами с каждого гектара подвешенной к ним площади вынесено от I9I до 3I8 тонн водорастворимых солей.

В условиях Северной Мугани, почво-грунты которой отличаются высокими фильтрационными свойствами (коэффициент фильтрации на участках возделывания риса составлял 6-8 м/сутки), в период полного затопления междренья максимальные модули дренажного стока по открытым глубоким дренам доходили до I3,8 л/сек/га. Открытыми глубокими дренами в зависимости от расстояния между ними отведено от 59 до 99,4% воды от поданной на гектар залитой площади. При этом чем меньше расстояние между дренами, тем выше отведенный ими объем воды и воднорастворимых солей с единицы площади. Это указывает на то, что на землях, аналогичных условиям Мугани, при промывке засоленных земель на фоне культуры риса наиболее целесообразно более частое расположение глубоких дрен.

В условиях Голодной степи применение временного мелкого и глубокого закрытого дренажей при рисосеянии должно быть дифференцировано в зависимости от глубины залегания трудноводопроницаемых гипсированных прослоек. На участках с неглубоким залеганием наиболее эффективны временные мелкие дрены в сочетании с закрытыми глубокими, и с глубоким - более целесообразно использование глубокого дренажа с расстоянием между ним не более 200-250 метров.

Затопление рисового поля в течение всего оросительного периода существенно изменяет гидрогеологическую обстановку участка. Под затопленным рисовым полем в принципе возможны две различные схемы режима грунтовых вод. В первом случае после смыкания поверхностных и грунтовых вод они становятся под напор горизонта воды в чеке. При этом на затопленном рисовом поле и под ним создается сплошное водное тело, верхняя поверхность которого - уровень воды в чеке, а нижняя - водоупорное ложе грунтовых вод, существовавших до затопления риса. Во втором случае в течение всего оросительного периода не происходит смыкания поверхностных и грунтовых вод и пьезометрический напор грунтовых вод изменяется независимо от уровня воды в чеке.

Для выяснения действительного режима грунтовых вод под рисовым полем при условии хорошей дренированности территории были проведены наблюдения на участках с различным типом дренажа, частоты и глубины их заложения. На опытных участках были заложены створы наблюдательных скважин из металлических перфорированных труб, заложенных на глубину 5 м. Наблюдательные скважины закладывались на различном удалении от дрены. Замеры уровня воды по скважинам в период орошения риса велись ежедекадно, а после прекращения подачи воды - ежедневно до установления бытового уровня грунтовых вод.

До начала промывки на участке с открытыми дренами грунтовые воды были обнаружены на глубине 220-250 см, а на участке с закрытыми дренами - 150-450 см от поверхности земли. После подачи воды на рисовые поля уровень грунтовых вод резко поднялся, достигая своей максимальной глубины залегания по всему междренью.

Сопоставление графиков колебания уровня грунтовых вод показывает, что в период полного затопления во всех рассматриваемых случаях грунтовые воды находятся в контакте с инфильтрационными водами. Вместе с тем действием глубокого дренажа создаются кривые депрессии уровня грунтовых

вод с резким выделением линии перелома в полосе вдоль глубоких дрен. В зависимости от глубины заложения дрены полоса перелома кривой депрессии варьирует от 25 до 70 метров.

В опытах, проведенных в Северной Мугани, при наличии глубоких открытых дрен эта величина составила 25-50 м, а в Голодной степи при наличии закрытых глубоких дрен - 40-70 м от оси дрены в каждую сторону (рис.3). Если учесть, что полоса перелома кривой депрессии является зоной наиболее интенсивной фильтрации воды, по сравнению с центральной частью междренья, то общая оросительная норма риса, поданная в междренья при том или ином расстоянии между дренами, распределяется неравномерно.

При возделывании риса на засоленных землях весьма важным условием сохранения достигнутого эффекта по рассолению той или иной толщи является скорость сработки уровня грунтовых вод после прекращения подачи воды. Чем выше эта скорость, тем меньше возможность обратной миграции солей восходящими токами.

В рассматриваемых случаях промывки с возделыванием риса скорость понижения уровня грунтовых вод довольно различна. Для условий Северной Мугани при наличии глубоких открытых дрен с расстоянием между ними 100, 200 и 280 м в первую декаду после прекращения подачи воды на орошение риса эта величина составляла 17-25 см/сутки. При такой скорости спада для понижения уровня грунтовых вод ниже критической по середине междренья потребовалось всего 10-20 дней после прекращения подачи воды.

В зоне нового орошения Голодной степи при наличии закрытого дренажа с расстоянием между ними 260-310 м скорость понижения уровня грунтовых вод после прекращения подачи воды в среднем составила 3,1-3,2 см/сутки, а по некоторым скважинам она доходила до 6,3-6,8 см/сутки. Наблюдениями установлено, что в отличие от участка с открытыми дренами величина скорости понижения уровня грунтовых вод по мере приближения к оси закрытой дрены умень-

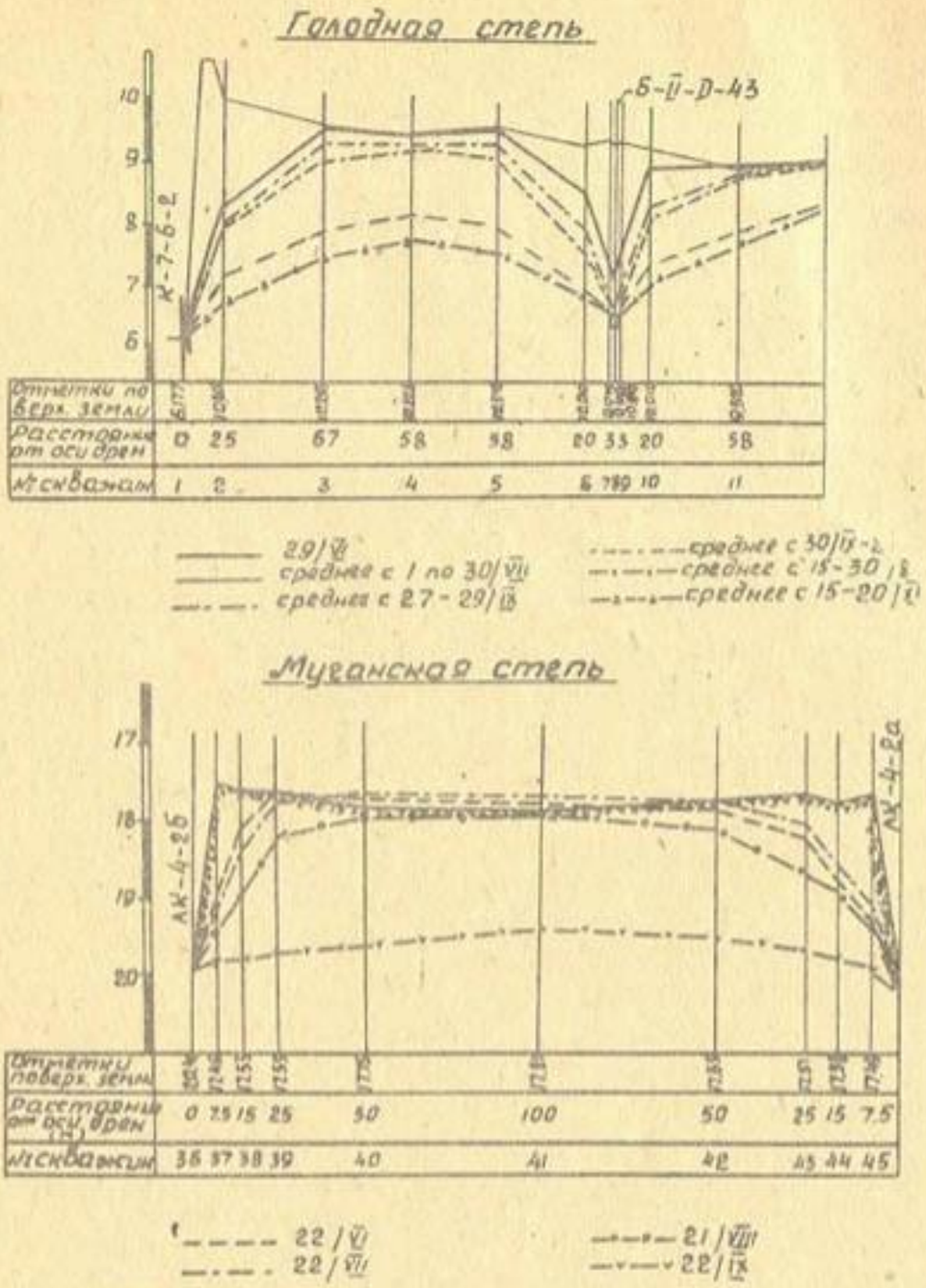


Рис.3.Режим грунтовых вод рисового поля.

шается. Очевидно, это связано с образованием зоны нависания грунтовых и инфильтрационных вод над закрытой дреной, обуславливаемой несвоевременным отводом вод срабатываемых с рисового поля закрытыми дренами.

Изложенное выше позволяет отметить, что при возделывании риса на засоленных землях с длительным затоплением создается своеобразный режим грунтовых вод, изменение которых во времени тесно связано с продолжительностью затопления, удельной протяженностью и глубиной заложения коллекторно-дренажной сети.

Промывные поливы засоленных земель через посевы риса требуют длительного затопления участка водой. В литературе описаны случаи ухудшения при этом водно-солевого режима земель, примыкающих к рисовому полю /7,12,13,19/. Однако это происходило на массивах, имеющих недостаточную глубину и протяженность коллекторно-дренажной сети.

При современном понимании роли дренажа в мелиорации засоленных земель коренным образом изменялась сущность и технология приемов мелиорации. В частности, размещение посевов риса на хорошо дренированных массивах практически не представляет большой опасности для окружающих земель.

В подтверждение сказанного можно привести результаты наблюдений, проведенных в Северной Мугани и в зоне нового орошения Голодной степи. В первом случае на участке имелись открытые дрены глубиной 3-3,5, а во втором случае - закрытые дрены глубиной 2,8-3,0 м. Для установления влияния длительного затопления рисового поля на водно-солевой режим прилегающих земель закладывались створы наблюдательных скважин (пятиметровые), расположенные перпендикулярно к осям дрен, ограничивающих участок промывки. Размещались они на хлопковом поле, на целине и на бахче, т.е. по условиям и характеру находились на землях с естественным режимом грунтовых вод и на участках, подвергающихся поливу и обработке. В рассматриваемых случаях прилегающие земли по абсолютным отметкам существенных различий по сравнению с

рисовым полем не имели. Несмотря на постоянное поддержание воды в рисовом поле, режим грунтовых вод прилегающих земель каких-либо существенных изменений не претерпел. Ни в одном случае не отмечено подъема минерализованных грунтовых вод до критического уровня (рис.4).

К концу вегетационного периода картина несколько изменилась. Отмечено понижение уровня грунтовых вод, что связано с изменением их режима в течение года. Известно, что в орошаемых массивах уровень грунтовых вод в осенне-зимний период имеет максимальную глубину залегания. Их минерализация в это время также существенных изменений не претерпела. К концу вегетационного периода на хлопковом поле даже отмечено некоторое уменьшение ее в верхнем слое грунтовых вод, что, видимо, произошло под влиянием поливов хлопчатника (табл.4).

Таблица 4

Минерализация грунтовых вод земель, прилегающих к рисовому полю

Массивы	Земли	Расстояние от оси дрены, м	Плотный остаток, г/л	
			до промывки	после промывки
Голодная степь	Хлопковое поле	25	27,6	22,3
		75	35,0	24,2
		I75	38,5	25,8
	Бахча	I5	2I,30	22,8
		50	7,5	7,7
Северная Мугань	Хлопковое поле	25	2,4	3,6
		50	I.6	I,6
		I00	22,8	I8,5
		I50	22,2	I8,0
	Целина	25	29,2	3I,8
		50	I8,3	I8,4
		I00	24,5	26,8

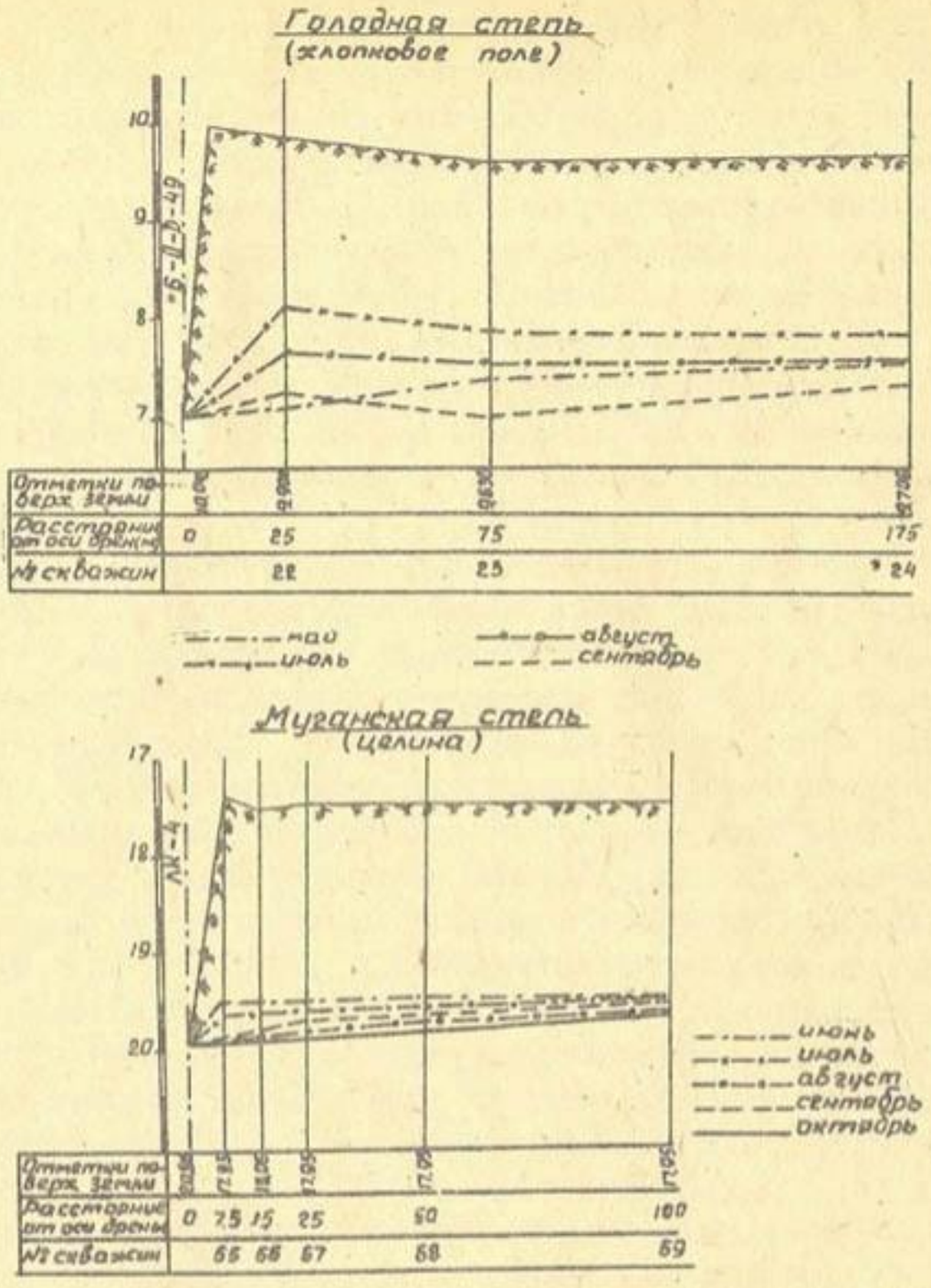


Рис.4.Режим грунтовых вод земель,прилегающих к рисовому полю.

На целинном участке за период наблюдений произошло некоторое повышение минерализации грунтовых вод, что связано со снижением уровня грунтовых вод и некоторым повышением их минерализации по массиву к осени. Это характерно для условий Мугани, где в отличие от орошаемых районов Голодной степи, засоление почво-грунтов и грунтовых вод с глубиной увеличивается.

Таким образом, при наличии хорошо работающей сети глубоких дрен (2,8-3,5 м) промывные поливы длительным затоплением на фоне культуры риса каких-либо отрицательных влияний на водно-солевой режим прилегающих земель не оказывают.

При оценке способов и норм поливов некоторые исследователи утверждали отрицательное влияние полива затоплением на урожай сельскохозяйственных культур. Но так как засоление лишает землю плодородия, то промывка, даже при условии выщелачивания элементов питания, неизбежна. Поэтому следует отличать выщелачивание элементов питания, ухудшающее плодородие почвы от отмывки токсичных солей, способствующей ее плодородию. Как неоднократно было отмечено учеными, при длительном орошении плодородие почвы орошаемых земель все время возрастает /5,15,16,8/.

В природных условиях плодородие почвы тем выше, чем больше выпадает осадков, если это не связано с заболачиванием. В природе очень часты примеры разливов рек в засушливых районах и затопление земель, что является источником их высокого плодородия.

Перечисленное выше в определенной степени позволяет считать, что промывные поливы засоленных или подверженных засолению земель при всех условиях могут только повысить плодородие почвы, но не ухудшить его.

Для выявления влияния промывки длительным затоплением на содержание питательных элементов промывной толщи были проведены исследования в Северной Мугани.

Были выбраны хорошо дренируемые участки, где промывка проводилась с одновременным возделыванием культуры

риса. Для более полной характеристики происходящих изменений были взяты участки с различной нормой подачи воды на орошение, и на них были выбраны площадки, расположенные на различном удалении от оси дрены. В почвенных образцах, отобранных с этих площадок, было определено содержание питательных элементов, микроэлементов и количество микроорганизмов до начала и к концу вегетации культуры риса, а также определено количество питательных элементов, содержащихся в воде и в составе ила.

Почвы на выбранных площадках в исходном состоянии были различно засолены: от незасоленных до сильно и очень сильно засоленных, что позволило судить о влиянии длительности затопления рисового поля на изменение плодородия почвы.

Сопоставление результатов анализа показывает, что при возделывании риса на засоленных землях длительное затопление со своевременным отводом срабатываемых вод дренами значительно повышает плодородие почвы. Во всех случаях отмечено значительное увеличение содержания в почве общего азота, количество фосфора не изменилось. Содержание гумуса менялось по-разному, но чаще повышалось (табл.5).

Характерно, что накопление азота в почве не связано с отмывкой солей, а, видимо, является следствием длительного стояния воды на рисовом поле с непрерывной фильтрацией ее через почвенную толщу. На площадках, где исходное засоление было сильным или средним, независимо от норм подачи воды, на единицу площади, расположения точек от оси глубокой дрены, при примерно одинаковой длительности затопления (вегетации риса) содержание азота в почве сильно увеличилось, хотя и было меньше, чем на почвах с исходным слабым засолением или незасоленных.

За период вегетации риса отмечено уменьшение нитратных соединений азота и частично водорастворимого гумуса из слоя 0-60 см. Уменьшение нитратов отмечено в случаях их исходного высокого содержания в почве с исходной высокой сте-

Таблица 5

Содержание общего азота, фосфора и гумуса в слое почвы 0-60 см до и после возделывания риса

№ № площадок	Степень засоления	В среднем на I га посева риса подано воды, тыс.м³	Площадка расположена от дрены, м	В % к весу почвы: общий азот: до промывки	общий азот: после промывки	валовой фосфор: до промывки	валовой фосфор: после промывки	гумус общий: до промывки	гумус общий: после промывки
I	Сильная	26	200	0,059	0,085	Не определено		0,75	I,96
2	"	"	I50	0,052	0,076	"		I,44	I,56
3	Слабая	33	I50	0,04I	0,I60	0,25	0,25	0,33	0,57
4	"	"	I00	0,039	0,I88	Не определено		0,97	0,90
5	Средняя	"	25	0,062	0,I60	"		0,52	I,I60
6	Сильная	44	25	0,069	0,080	0,23	0,24	0,38	0,54
7	"	77	50	0,05I	0,I07	Не определено		0,72	I,0I
8	Слабая	"	25	0,056	0,II4	"		I,77	0,86

пенью засоления. В ряде случаев отмечено некоторое их увеличение.

Орошение риса длительным затоплением не привело к каким-либо неблагоприятным последствиям нитрификационной деятельности почвы. Отмеченное к концу вегетации риса некоторое снижение ее при внесении удобрений ($[NH_4]SO_4$) полностью восстановилось.

Из микроэлементов при затоплении рисового поля вымывается некоторое количество меди (табл.6).

Таблица 6

Содержание микроэлементов в слое почвы 0-60 см до и после возделывания риса

Степень засоления	В среднем на I га посева риса подано воды, тыс.м³	Площадка расположена от оси дрены, м	В мг на кг сухой почвы					
			до	после	до	после	до	после
			промывки					
Сильное	26	200	2,8	I,7	2,2	8,3	2,9	3,8
Сильное	26	I50	3,0	I,7	5,8	5,3	4,2	4,3

Содержание цинка и кобальта увеличивается. Это, видимо, происходит за счет приноса их на участок с водой и илом.

В лабораторных условиях было установлено, что в каждом кубометре воды, подаваемой на рисовые поля, на участок поступало I,03 кг сернокислого ила, в котором содержалось 0,09% азота, 0,I9% фосфора, 0,I3% калия и I,24% гумуса. В воде содержалось 0,35 мг/л калия и 5,8 мг/л фосфора.

Определение микробиологической активности почвы показало на некоторых участках, что при возделывании риса на засоленных землях происходит значительная активизация деятельности микроорганизмов и к концу вегетации количество их

значительно увеличивается. Рассоление почвенной толщи способствует развитию азотобактера даже на площадках с исходно высокой степенью засоления, где их до промывки не обнаруживалось (табл.7).

Таблица 7

Количество микроорганизмов в слое почвы 0-60 см до и после возделывания риса (в тыс.шт. на I г абс.сухой почвы)

Степень засоления	Общее количество бактерий на МПА		Азотобактер		Целлюлозоразлагающие	
	до	после	до	после	до	после
Сильная	I,059	I,6I2	7	20	46	90
	I,380	I,374	9	383	I8	83
Слабая	I,609	2,864	I60	Сплош. ростки	75	76
Сильная	I,376	5,508	нет	2I	80	I00

На точке со слабой степенью засоления количество азотобактера относительно высоко и до посева риса. После промывки в слое 0-40 см отмечены сплошные ростки его колоний. Это указывает на то, что при затоплении рисового поля создаются условия для связывания азота воздуха. Это обстоятельство в некоторой степени проливает свет на увеличение азота в почве при промывке засоленных земель через посевы культуры риса при наличии хорошо работающего дренажа.

Надо полагать, что увеличение азотобактера, особенно на площадках с незасоленной почвой, объясняется тем, что в этом случае органические вещества (культура риса) способствуют функционированию этих бактерий. В литературе есть данные о том, что в ризосфере риса функционирует большое количество клеток азотобактера /I8/.

К концу вегетации риса количество всех изученных групп бактерий, за исключением сульфатредуцирующих, увели-

чилось. Активизация целлюлозоразлагающих бактерий, безусловно, связана с наличием в почве органических остатков риса - ценного энергетического материала, способствующего их функционированию. Известно, что при разложении клетчатки выделяются углекислоты, за счет которых живут азотофиксирующие бактерии.

Анализ проб дренажных вод, отводимых с рисового поля, позволил установить, что из питательных элементов дренажными водами с участка выносится некоторое количество калия. Аммонийные и нитратные соединения азота в дренажных водах в течение всего периода вегетации риса не обнаружен.

Приведенные выше данные позволяют отметить, что при своевременном отводе срабатываемых вод дренами, возделывание риса на засоленных землях с целью их рассоления значительно улучшает плодородие почвы. Это важный фактор при оценке значимости воздылывания риса на засоленных или подверженных засолению землях как с мелиоративной, так и агротехнической точек зрения.

Наблюдения показывают, что при достаточно глубоком рассолении активной толщи и наличии дренажа земли, промытые на фоне культуры риса, с первого же года можно отвести под посевы основных сельскохозяйственных культур. При возделывании хлопчатника на таких участках с каждого гектара было собрано 25-28 ц хлопка-сырца. Следует подчеркнуть,что при этом особых приемов агротехники не применялось.

Определение содержания солей в почво-грунтах в последующие годы после культуры риса по закрепленным точкам позволило установить, что при осуществлении агротехнических приемов возделывания хлопчатника в оптимальные сроки (пахота, междурядная обработка, поливы) воднорастворимые соли в верхнюю активную толщу не мигрируют. В некоторых случаях происходит даже уменьшение их содержания в толще почвогрунтов (табл.8).

Таблица 8

Изменение засоления промытых земель при сельскохозяйственном освоении

Массив	Период наблюдения	Толща, см		
		0-100	100-200	200-300
Голодная степь	После промывки	0,01	0,02	0,04
	Через 3 года после промывки	0,03	0,02	0,03
Голодная степь	После промывки	0,02	0,02	0,03
	Через год после промывки	0,04	0,03	0,03
Северная Мугань	После промывки	0,01	0,01	0,02
	Через 3 года после промывки	0,01	0,01	0,02

Если промытые земли остаются невспаханными или посевы сельскохозяйственных культур засеваются не на всей площади, или нарушается система агротехники, то происходит реставрация засоления в активной толще.

Итак, можно заключить, что при достаточной дренированности территории земель, промытых с одновременным возделыванием культуры риса, в последующие годы можно отвести под посевы основной культуры - хлопчатника и получать высокие урожаи.

Выводы

I. При существующей технологии промывки засоленных земель воды, подаваемые на рисовые поля, с мелиоративной точки зрения используются нерационально. Основное количество воды теряется безвозвратно в виде поверхностного сброса, объем которого не обоснован ни биологической потребностью культуры риса, ни регулированием направленности процессов, протекающих на рисовом поле.

2. Имеющийся опыт возделывания риса говорит о том, что при достаточной дренированности территории возможна промывка засоленных или подверженных засолению земель на фоне этой культуры при минимальном объеме (0,5–I4%) поверхностного сброса.

3. При своевременном отводе срабатываемых вод системой дренажа за оросительный период риса происходит глубокое и устойчивое рассоление почвенной толщи, благодаря чему создаются условия для возделывания основных сельскохозяйственных культур на этих землях.

4. Возделывание риса на засоленных землях при наличии хорошо работающего дренажа не сопровождается ухудшением химических, физических и биологических процессов почвенной толщи участка промывки и прилегающих земель.

ЛИТЕРАТУРА

I. Аристов С.Г. К вопросу о промывках почв, засоленных сульфатом натрия. Почвоведение, I962, № 7.

2. Баженов Н.К., Бозгунчиев М. Рассоление сильносолончаковых сероземно-луговых почв при помощи культуры риса. В кн.: "Доклады Всес.совещ.по мелиорации засоленных земель", Ростов-на-Дону, I967.

3. Ерыгин П.С. Физиологические основы орошения риса, М.-Л., I950.

4. Зайцев В.Б. Рисовая оросительная система, М., I968.

5. Жориков Е.А., Бородина Н.В. Влияние искусственного орошения на динамику питательных соединений в почве хлопкового поля, Ташкент, I93I.

6. Иконому Д.А. Промывка засоленных земель через культуру риса на фоне вертикального дренажа в совхозе "Социализм". Тезисы докладов XXУП конференции ТИИИМСХ, Ташкент, I968.

7. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв, т.I, М.-Л., I946–I947.

8. Ковда В.А. Качество воды, плодородие орошаемых почв и солеустойчивость растений, В кн.: "Водный режим растений в засушливых районах СССР", М., 1961.
9. Крюгер Т.П. Изменения химических и физических свойств засоленных почв Центральной Ферганы при промывках через рис, Ташкент, 1961.
10. Кизилова А.А. Движение ионов Na^{+} и $SO_4^{=}$ при зимних промывках, "Почвоведение", 1959, № 5.
11. Легостаев В.М. К вопросу рисосеяния в районах Голодной степи, "Хлопководство", 1959, № 12.
12. Малыгин В.С. Глубокий закрытый дренаж, Ташкент, 1939.
13. Меришенский М.С. Первичные результаты исследований закрытого горизонтального дренажа в колхозе "Правда" Янги-Арыкского района Хорезмской области, Труды САНИИРИ, вып.118, Ташкент, 1969.
14. Розанов А.Н. О некоторых особенностях культурно-ирригационных наносов, "Почвоведение", 1948, № 12.
15. Розанов А.Н. Значение ирригационных наносов для генезиса, плодородия и мелиорации орошаемых почв, "Почвоведение", 1959, № 2.
16. Саттаров Д. Влияние температуры на процессы рассоления почв при промывках, "Хлопководство", 1965, № 2.
17. Семенова В.И. Ризосферная микрофлора риса на осваиваемых засоленных почвах Центральной Ферганы, в кн.: "Почвенная и сельскохозяйственная микробиология", Ташкент, 1963.
18. Федоров Б.В. Коренная мелиорация засоленных и заболоченных земель, в кн.: "Труды шестой сессии АН Туркм.ССР", Ашхабад, 1954.

И.ЯКУБОВ, С.С.ХОДЖАЕВ, А.АБИРОВ

О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ОБСЫПОК СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Проницаемость водоносных грунтов в зоне, примыкающей к фильтру скважины, обычно отлична от проницаемости самого пласта. После окончания бурения проницаемость прифильтровой зоны уменьшается за счет несовершенства технологии проходки скважин. Ухудшение проницаемости прифильтровой зоны продолжается в процессе эксплуатации скважин, что приводит к существенному снижению его дебита.

Для устранения этого дефекта прибегают к искусственному расширению водоприемной части скважин путем создания гравийных обсыпок большой толщины, что позволяет значительно улучшить технические условия эксплуатации скважин, уменьшить входные скорости воды в фильтр (а, равно и сопротивления) и в результате увеличить дебит скважины и его устойчивость во времени.

Вопрос подбора обсыпок гравийных фильтров имеет большое практическое значение, так как эффективная работа скважин зависит прежде всего от правильного выбора состава и толщины обсыпки. Большинство исследователей /I,2,4,5, 9,I2/ при подборе состава обсыпок предлагают использовать межслойный коэффициент, являющийся отношением характерного размера частиц гравийной обсыпки и водоносного пласта, т.е. $\frac{D_{50}}{d_{50}}$.

С.К.Абрамов и В.М.Гаврилко /4,I,5/ считают принимать это соотношение равным 4-I5, а в некоторых случаях доводить до I5-20. Исследованиями И.Ф.Володько /3/ в последнее время установлено, что значение межслойного коэффициента можно довести до 20-35 и более при толщине гравийной обсыпки I50-400 мм.

По исследованиям в Голодной степи Х.Якубов (САНИИРИ) рекомендует принимать межслойный коэффициент равный 30-35 при толщине обсыпки 150-300 мм /12,16/.

А.Х.Муфтахов и В.И.Фоменко (ВИОГЕМ, бывшее ЦНИИГОР-осушение г.Белгород) по результатам теоретических и экспериментальных исследований считают, что для однородных мелкозернистых песков выбор состава гравийной обсыпки можно производить по отношению $\frac{D_{30}}{d_{50}}$ = 10-12; для неоднородных фильтрующих сред эта величина может быть доведена до 15-20 /11,14/.

В.Н.Кондратьев /10/ и В.С.Истомина /7/ считают, что подбирать состав гравийных обсыпок по межслойному коэффициенту недостаточно и рекомендуют каким-то образом учитывать средний диаметр пор, что усложняет задачу, так как практически нельзя учесть плотность распределения пор по радиусам.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что до сих пор не разработана единая методика расчета состава гравийных обсыпок. А.Н.Патрашев, С.М.Кулиев и др. при выборе состава обсыпок рекомендуют принимать межслойный коэффициент равным 4-6, а В.М.Гаврилко, В.В.Дубровский, А.Х.Муфтахов, В.И.Фоменко и др. считают, что его можно увеличить до 10-20.

Некоторые исследователи полагают, что гравийная обсыпка должна предотвращать вынос песка, а другие, наоборот, считают, что в процессе прокачки вынос песка допустим и желателен, чтобы вокруг контура обсыпки образовался естественный фильтр.

Такое разнообразие рекомендаций по одному и тому же вопросу несколько затрудняет его решение, а существующие предложения являются частными решениями для вполне определенных объектов (водозаборных, водопонизительных и гидрогеологических скважин, а также скважин вертикального дренажа).

В последнее время широкое распространение получили гравийные фильтры, создаваемые искусственно путем засыпки

гравия в забой. Состав гравийно-песчаной обсыпки и количество его слоев определяют, исходя из механического состава грунтов, слагающих водоносный пласт. При устройстве многослойных обсыпок особое внимание обращается на подбор первого слоя обсыпки, контактирующего с водоносным грунтом.

Соответственно подбираются и соотношения между частицами грунта и гравия, которые обеспечивают стабильную работу скважин без пескования. Межслойные коэффициенты в обсыпке принимаются меньшими, чем на контакте с грунтом.

В.М.Гаврилко /5/ по опыту применения гравийных обсыпок разнородного состава с коэффициентом неоднородности равным 2-4 считает, что при отношении средних диаметров частиц породы и обсыпки $\frac{D_{50}}{d_{50}} = 7\text{-}15$ наблюдается устойчивая работа скважин без пескования. При понижении этого коэффициента до 3-4 и менее наблюдаются увеличение входных сопротивлений и уменьшение водозахватной способности фильтров.

Прежде, чем перейти к расчетам состава обсыпок, необходимо отметить, что в скважинах вертикального дренажа в процессе формирования фильтра допускается небольшой вынос песка, т.е. фракционный состав обсыпки подбирается так, чтобы его поры свободно пропускали мелкие частицы дренируемого грунта. Это позволит создать благоприятные условия для сводообразования и переформирования обсыпки в необходимом направлении без существенной кольматации. В скважинах же, заложенных для водоснабжения, водопонижения и т.д., как видно из вышеизложенного, пескование не допускается, поэтому межслойные коэффициенты не превышают 10-15 (по работам С.К.Абрамова, В.М.Гаврилко, А.Н.Патрашева, С.М.Кулиева и др.).

Богатый опыт строительства скважин вертикального дренажа накоплен САНИИРИ в Голодной степи, что позволило нам произвести уточнение районирования, предложенного Н.М.Решеткиной /12/ с выделением 5 характерных групп с удельными дебитами для I,II,III,IУ и У групп соответственно 0-1, 1-3, 3-5, 5-7, 7-10 и более л/сек (табл.I). Кроме то-

Характеристика скважин вертикального дре
по группам районирования

Группа	Хозяйство	Удельный дебит, л/сек	Глубина скважин, м	Длина фильтра, м	Тип фильтра
I	Совхозы № 4, 5, 6, "Пахтакор", "Дружба"	0-I	60-65	30-35	Из перфорированных труб щелевого и дырчатого типа
II	Сардобинский массив, массив К-I, часть скважин совхозов № I7 и 4	I-3	55-65	25-30	"
III	Колхозы Хамза, Ленинград, совхозы № I7, Мирзачуль	3-5	70-75	35-40	Из перфорированных труб щелевого типа
IУ	Совхозы "Пахтаарал", им.Свердлова, "Первомаец", колхозы "Узбекистан", Ленин жолы", "XXII партсъезд", "Москва", "Коммуна", г.Гулистан, Гулистанский птицесовхоз	5-7	60-65	25-30	Из перфорированных труб щелевого и дырчатого типов
У	Колхозы "Октябрь",им.М.И.Калинина, им.Навои, "Красная Заря", "Коммунизм","Ленинский путь", им.В.И.Ленина, совхозы Баяутского массива, подхоз Голодностепстроя, Гулистанский лесхоз, Шурузякский массив, совхоз "Социализм", колхозы "XXI партсъезд", им.К.Маркса	7-I0 и более	70-75	35-40	"

Таблица I

нажа Голодной степи

Размер отверстия щели или дырчатой перфорации, скважность	Диаметр, мм: скважины	Диаметр, мм: фильтра	Гранулометрический состав гравийной обсыпки и ее объем, мм / м³	Минимальная толщина гравийной обсыпки, мм	Средняя продолжительность строительной откачки, дни
	900-I000	2I9-426	0,I-20 / 35-85	287-340	25,9
Диаметр круглой перфорации	500-900	325	0,I-20 / 35-66	88-287	3I,8
∅ =6,7 мм скважность I6,9-2I%. Размер щелей 5x250, 6x250 мм	900-I000	325-426	0,I-20 / 50-I30	287	24,5
Скважность I4-25%	I000	400-426	I-20 / 40-II0	287-300	I3,9
	I000	400-426	I-20 / 55-92	287-300	9,5

го, по данным этой таблицы можно судить о средних глубинах скважин, типа и длине фильтров, диаметре скважин и фильтрового каркаса, размерах и скважности перфорации, толщине и составе гравийной обсыпки, продолжительности строительной откачки.

Подробная характеристика водоносных грунтов, характерных для каждой группы, представлена в табл.2, из которой видно, что грунты Голодной степи представлены от пылеватых и мелких песков в группах I–IУ, до средне- и крупнозернистых и даже до гравелистых песков – в У группе. В этой же таблице приводятся данные по расчету категории водоносных грунтов по методикам ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева /8/ и БелНИИМиВХ /6/. По обоим методам расхождений в определении категории грунта не установлено.

Расчеты состава обсыпок произведены применительно к вышеуказанным районам по методикам ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева (А.Н.Патрашев) и САНИИРИ (Х.Якубов) /I2/.

При расчете состава обсыпок по методике А.Н.Патрашева вначале определяется диаметр частиц d_{α}, который может выноситься фильтрационным потоком при максимальном градиенте J_p^{max}

По графику гранулометрического состава водоносного грунта (например, рис. для скважин III группы) в зависимости от процентного содержания частиц с диаметром d_{α} устанавливается вид расчетной зависимости для определения диаметра сводообразующих частиц. Задаемся несколькими значениями коэффициентов неоднородности расчетного состава гравийно-песчаной обсыпки (в нашем случае I0 и 25).

Из графика А.Н.Патрашева определяется пористость обсыпки. Далее из условия непросыпаемости определяется действующий и минимальный диаметры частиц обсыпки D_{I7} и D_{min}.

Имея значения последних устанавливается расчетная зависимость для нахождения любого диаметра частиц обсыпки, в которой неизвестным является процентное содержание P_i той или иной фракции, задаваясь значениями последнего

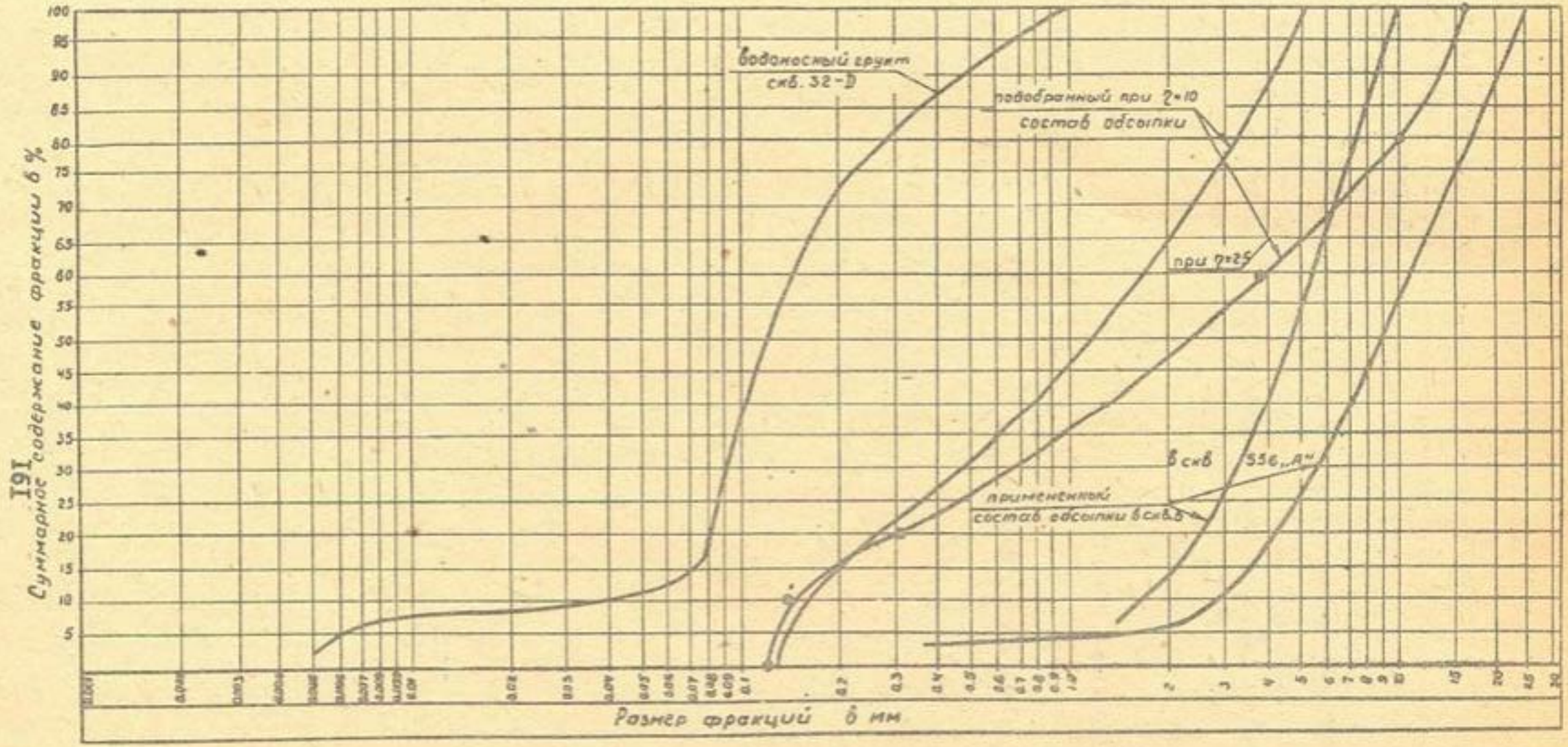


Рис.I Кривые гранулометрического состава пород водоносного горизонта и гравийно- песчаной обсыпки, подобранной и использованной для скважин совхоза I7.

Характеристика водоносных грунтов по группам районирования

Таблица 2

Группа	Объект, скважина	Содержание частиц, % и диаметр, мм: I0-5	5-2	2-I	2-0,5	I-0,25	I-0,5	0,5-0,25	0,25-0,I	0,I-0,05	0,05-0,0I	0,0I-0,005	0,005	грунт (песок)
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
I	Совхоз № 4, скв.I0					II,4	-	-	20,0	2I,I	24,3	I8,2	5,0	Пылеватый
II	Сардобинский массив, скв.2					27,6	-	-	4I,4	20,6	5,9	2,5	2,0	"
III	Совхоз № I7, скв.32-Д					33,0	-	-	5I,0	6,4	2,6	4,5	2,5	Мелкий
IУ	Совхоз "Пахтаарал", скв.4			8,33	-	26,I3	-	-	6,7	36,34	I0,8	3,5	8,2	Пылеватый
У	Шурузякский массив,					40	-	-	37,5	22,5	-	-	-	Мелкий
	скв.I	0,5	-	4,7	-		-	46,0	37,5	II,3	-	-	-	Среднезернистый
	скв.5	6	29	7,5	-	-	I4,0	5,0	3I,0	7,5	-	-	-	Гравелистый

Характеристика водоносного грунта,							
d_3	d_{10}	d_{17}	d_{50}	d_{60}	d_{ei}	d_{eI}	$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
0,005	0,0056	0,0065	0,038	0,058	-	0,02	I0,5
0,006	0,025	0,040	0,09	0,I0	0,I4	0,024	4,0
0,0052	0,033	0,075	0,I3	0,I4	0,I25	0,042	4,25
0,0054	0,024	0,056	0,I4	0,I8	0,I46	0,043	7,5
0,052	0,059	0,067	0,I4	0,I7	-	0,I5	2,9
0,052	0,08	0,II	0,I7	0,I8	-	0,I8	2,25
0,09	0,I05	0.II5	0,50	I,0	-	0,I67	I0

Продолжение табл.2

мм			Суффозионность по формулам –	
m	γ_p	$v_{кр}$ кг см/сек	ВНИИГ	БелНИИМиВХ
24	25	26	27	28
0,4	0,4	0,0040	Практически не суффозионный	Практически не суффозионный
0,4	0,4	0,0I9	Суффозионный	Суффозионный
0,4	0,4	0,0I5	"	"
0,4	0,4	0,029	"	"
0,4	0,4	0,05	Практически не суффозионный	Практически не суффозионный
0,38	-	0,046	"	"
0,38	-	0,052	"	"

Подбор состава фильтра по формулам ВНИИГ (ВСН-02-65) и САНИИРИ для скважин Голодной степи по группам районирования

Таблица 3

Группа	Объект, скважина	$\eta = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	Содержание частиц,% и диаметр, мм							
			>20	20-10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Совхоз № 4,	10	-	-	-	-	-	8	18,5	30
	скв. 10	25	-	-	7	11	11	8,5	14,5	11,5
II	Сардобинский массив	10	-	-	-	-	-	17	22	18
	скв. 2	25	-	20	10	8	11	6	10	10
III	Совхоз № 17	10	-	-	-	-	22	14	18	14
	скв. 32-Д	25	-	20	7,5	6,0	13	7,0	10,0	10,0
IУ	Совхоз "Пахтаарал"	10	-	-	-	4	22	11	16	16
	скв. 4	25	-	20	10	6	10	7	10	10
У	Шурузякский массив	10	-	25	11	9	12	10	12	21
	скв. I	10	5	25	11,5	8,5	11	7,5	14	17,5
	скв. 5	10	-	25	13	9	12	8	13	20
		25	-	-	-	-	-	-	-	-

Группа	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	грунт
	12	13	14	15
I	8	16,5	19	Крупный песок
	9,5	11	16	Гравелистый песок
II	14	19	10	Крупный песок
	7,5	17,5	-	Гравелистый песок
III	13	19	-	Гравелистый песок
	8,5	18	-	Гравийный
IУ	13	18	-	Гравелистый песок
	9	18	-	Гравийный
У	-	-	-	"
	-	-	-	"
	-	-	-	"
	-	-	-	"

Характеристика гравийной обсыпки, по формулам ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева								
D_{min}	D_{10}	D_{11}	D_{20}	D_{40}	D_{50}	D_{60}	D_{80}	D_{100}
I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	24
0,069	0,082	0,II	0,I32	0,376	0,58I	0,69	I,56	2,55
0,062	0,074	0,II4	0,I45	0,637	I,I32	I,85	4,632	7,462
0,083	0,098	0,I32	0,I56	0,434	0,666	0,980	I,908	2,6I8
0,I50	0,I78	0,274	0,348	I,5	2,72	4,45	I0,2	I7,94
0,I44	0,I70	0,23	0,270	0,766	I,I74	I,70	3,I24	5,094
0,I3	0,I54	0,24	0,3I	I,375	2,45	3,90	I0,03	I6,I5
0,I47	0,I74	0,235	0,276	0,772	I,I97	I,74	3,56	5,I97
0,I34	0,I60	0,246	0,3I4	I,379	2,45	4,0	I0,0	I6,I54
0,5I3	0,605	0,82	0,962	2,693	4,I66	6,05	I2,396	I8,II3
0,62	0,732	I,99	I,I62	3,26	4,995	7,32	I3,I5	2I,92
0,57	0,665	0,9I5	I,03	2,8I	4,49	6,65	II,2	I8,68
0,5I8	0,6I8	0,953	I,209	5,298	9,428	I5,45	37,67	62,I2

Продолжение таблицы 3

мм

$k_ф$ см/сек	$\frac{k_ф}{k_1}$	m	$\frac{D_{20}}{d_{50}}$	кольматируемость фильтра	по формуле САНИИРИ D_{50}	$\frac{D_{50}}{d_{50}}$	процент расхождения при среднем дебите
25	26	27	28	29	30	3I	32
0,008	I,74	0,33	I5,3				
0,0072	I,57	0,29	30	Не кольм.	I,I	29,0	3
0,0I2	0,63	0,33	7,I				
0,04I5	2,I8	0,29	30,2	Не кольм.	3,04	33,8	I2
0,079	5,27	0,33	9,05				
0,032	2,I	0,29	I9	Не кольм.	2,52	I9,4	3
0,082	2,82	0,33	8,55				
0,033	I,I3	0,29	I7,5	Не кольм.	2,93	20,9	I9
0,36	7,2	0,33	28,6	Не кольм.	3,47	24,8	I9
0,655	I4,2	0,33	29,4	-	3,5	22,0	25
0,56	I0,7	0,33	9,0				
0,50	9,70	0,29	I8,86		II,75	23,5	I9,8

(P_i = 10, 20, 40, 60 ..... 100%), находятся соответствующие значения D_i в мм (табл.3).

Подобранные несуффозионные составы обсыпок для скважины 32-Д в совхозе № 17 (Ш группа) и примененные в скважинах № 5 и 556 "А" того же совхоза нанесены на рис., из которого видно, что примененные составы обсыпок несколько отличаются от расчетного. Далее по экспериментальной зависимости М.Павчича были установлены соотношения $\frac{K_ф}{K_1}$ и $\frac{D_{50}}{d_{50}}$, которые лежат в пределах допустимых по рекомендациям САНИИРИ и др.

Расчет состава обсыпки по методике САНИИРИ производился не полностью, а находился только средний диаметр частиц обсыпки D_{50}, а затем и межслойный коэффициент $\frac{D_{50}}{d_{50}}$.

Сравнение двух методик (ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева и САНИИРИ) производилось, в основном, по расхождению в средних диаметрах. Из табл.3 видно, что для I и Ш групп процент расхождения не превышает 3%. Несколько большее расхождение (до 12-25%) наблюдается в остальных группах, однако они лежат в пределах точности расчета и вполне приемлемы.

Характеристика гравийной обсыпки, примененной в скважинах, по группам районирования приведена в табл.4, в которой для сравнения сделаны подсчеты коэффициентов неоднородности, соотношений коэффициентов фильтрации грунта и обсыпки и межслойных коэффициентов. Как видно из таблицы, коэффициенты неоднородности, кроме I группы, не превышают 3,28, т.е. примененный в качестве обсыпок гравий был почти однородным, из которого трудно сформировать суффозионноустойчивый фильтр.

Соотношения $\frac{K_ф}{K_1}$ и $\frac{D_{50}}{d_{50}}$ почти во всех группах превышали допустимые, только в скважине № 5 (наиболее устойчивая в работе) межслойный коэффициент был близок к допустимому (35,3), однако соотношение коэффициентов фильтрации грунта и обсыпки было очень большим (313,3), т.е. состав этой обсыпки был подобран более правильно (по сравнению со

скважинами остальных групп) и поэтому скважина меньше песковала и работала более устойчиво.

Аналогичные расчеты состава обсыпок для скважин производил в ВИОГЕМ В.И.Фоменко /I4,I5,I3/, он уточнил расчетную формулу для определения характерного диаметра частиц обсыпки D_{II}, имея значение которой, как указывалось выше, можно рассчитать весь состав обсыпки. Этими расчетами также установлена возможность подбора обсыпок для скважин вертикального дренажа по методике ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева.

САНИИРИ была сделана попытка расчета обсыпок по методике БелНИИМиВХ, однако, так как она рассматривает восходящие потоки грунтовых вод, поэтому для вертикального дренажа оказалась не приемлемой и более подходит для расчета обсыпок горизонтального дренажа и обратных фильтров гидротехнических сооружений.

Выводы

I. Водоносные грунты Голодной степи, представленные в табл.2, наиболее полно характеризуют исследуемый объект. Эти грунты представлены в основном мелкозернистыми и пылеватыми песками. Водоносные грунты I и У групп относятся к практически несуффозионным, а П, Ш и IУ - к суффозионным. Категория грунтов была проверена способами ВНИИГ и БелНИИМиВХ, однако расхождений между ними не обнаружено.

2. Подобранный расчетами (по методике ВНИИГ) состав обсыпки (табл.3) при двух коэффициентах неоднородности I0 и 25 удовлетворяет требованиям непросыпаемости, несуффозионности и некольматируемости. Для практического применения можно рекомендовать для I, П, Ш и IУ групп состав обсыпки при $\eta = 25$, а для У - при $\eta = I0$, так как состав этих обсыпок, кроме вышеперечисленных положительных особенностей, также близко удовлетворяет условиям САНИИРИ:

$$\frac{K_\Phi}{K_I} < 6 - 8 \quad \text{и} \quad \frac{D_{50}}{d_{50}} \; 30 - 35,$$

т.е. подбирать обсыпку для мелкозернистых и среднезернистых

Характеристика гравийной обсыпки по
применяемой в скважинах Голодной

Группа	Объект, скважина	Содержание частиц, % и диаметр, мм						
		20-10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5
I	Совхоз № 4, скв.10	21,3	21,1	17,0	18,4	5,2	8,8	2,2
II	Сардобинский массив, скв.2	Применяемый состав обсыпки не обеспечивал						
III	Совхоз № 17, скв.556"А"	46,4	20,50	14,60	11,0	2,50	1,20	0,30
	скв. 5	-	32,8	25,18	23,27	12,50	6,25	-
IУ	Совхоз "Шахтарал", скв.4	50,43	21,01	14,53	9,58	1,45	0,87	2,13
У	Шурузякский массив	34,4	28,1	24,4	9,5	3,6	0,04	-

Таблица 4

группам районирования,
степи

Характеристика гравийной обсыпки, мм										
0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	грунт							

3,3 2,7 - Гравийный 0,34 7,3 1,5 4,8 1,51 328 126

влотворительной работы скважин

3,5	-	-Гравийный	0,38	3,28	3,9	8	12,5	833	62
-	-	- "	0,37	2,84	2,4	4,6	4,7	313,0	35,3
-	-	-Галечниковый	0,38	3,06	4,6	8,6	16,7	576	61,5
-	-	-Гравийный	0,40	2,1	4,4	8,4	17,0	340	60

песков необходимо производить при больших значениях коэффициента неоднородности порядка 10-20, а для крупнозернистых и гравелистых песков при меньших его значениях - 5-10.

3. Примененные в качестве обсыпок скважин грунты (табл.4) относятся к категории гравийных (I, III и V группы) и галечниковых (IV группа) и составы этих обсыпок не удовлетворяют условиям САНИИРИ:

$$\frac{K_ф}{K_г} \leq 6 - 8 \quad \text{и} \quad \frac{D_{ф}}{d_{50}} \leq 30 - 35.$$

Причем, первое отношение превышает допустимое в 39-104 раз по всем группам, а второе в 1-4 раза. Даже в наиболее устойчивой скважине 5 совхоза № 17, где была применена смесь из Бекабадского карьера, первое отношение равно 39, а второе - 1, т.е. по одному критерию удовлетворяет, а по другому - нет. Таким образом, можно считать,что примененный в большинстве скважин состав обсыпки практически не обеспечивает нормальной (без выноса частиц и обрушения стенок скважин) работы скважин.

Кроме того, расчеты, сделанные для проверки на некольматируемость, суффозионность, непросыпаемость и т.д. позволяют сделать вывод о том, что почти все составы примененных обсыпок относятся к категории суффозионных, условия непросыпаемости не выполняются, а водопроницаемости выполняются.

4. В результате расчета обсыпок по методике ВНИИГ установлено, что для пылеватых и мелкозернистых грунтов по расчету необходимы фракции размером 0,1-1 мм (иногда до 30-40%). Мы считаем, что присутствие этих фракций нежелательно, так как они могут создать большие сопротивления и после расчета все фракции менее 1 мм необходимо исключить путем увеличения процента фракций от 2 до 7 мм до 50-60%.

5. Проведенные сравнительные расчеты составов обсыпок по двум методикам ВНИИГ и САНИИРИ позволяют сделать вывод о приемлемости методики ВНИИГ к расчетам обсыпок скважин вертикального дренажа.

ЛИТЕРАТУРА

I. Абрамов С.К. Методы подбора и расчета фильтров буровых скважин, В сб."Фильтры водозаборных скважин", Госстройиздат, М., I952.

2. Абрамов С.К. Проект инструкции по подбору и расчету фильтров буровых скважин, Изд-во ВНИИ ВОДГЕО, М., I947.

3. Володько И.Ф. Подбор гравийной обсыпки для фильтров скважин на воду, Техническое совещание по вертикальному дренажу, М., I968.

4. Госстрой СССР. Указания по проектированию сооружений для забора подземных вод, СН 325-65. Изд-во литературы по строительству, М., I966.

5. Гаврилко В.М. Фильтры водозаборных, водопонизительных и гидрогеологических скважин, Изд.2 и 3, Стройиздат, М., I966, I968.

6. Дрозд П.А., Буртыс Ю.Ф. Фильтрационная устойчивость грунтов и подбор состава фильтров для мелиоративных сооружений, Изд-во "Урожай", Минск, I967.

7. Истомина В.С. О выборе крупности переходных слоев фильтра в дренажных устройствах земляных плотин и песчаных грунтов, "Гидротехническое строительство", № 8, I958.

8. Инструкция по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений, ВСН-02-65, ГПКЭиЭ СССР, ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева, Изд-во "Энергия", М.-Л., I965.

9. Кулиев С.М. Гравийные фильтры и опыт их применения в нефтяных промыслах, Азнефтеиздат, Баку, I953.

I0. Кондратьев В.Н. Фильтрация и механическая суффозия в несвязных грунтах, Крымиздат, Симферополь, I958.

II. Муфтахов А.Х., Фоменко В.И. Влияние состава и мощности гравийных контурных обсыпок на эффективность водопонижающих скважин, Вопросы осушения месторождений полезных ископаемых, Тр.ЦНИИгоросушение, вып.8, Белгород, I967.

I2. Решеткина Н.М., Барон В.А., Якубов Х. Вертикальный дренаж орошаемых земель, Изд-во "Колос", М.,1966.
I3. Родионов Г.А., Фоменко В.И. Исследования и подбор оптимальных параметров гравийно-галечных фильтров для оборудования вертикальных скважин в условиях Канибадамского массива орошения, Техническое совещание по вертикальному дренажу, М., 1968.
I4. Фоменко В.И. Фильтрационные деформации в прифильтровой зоне скважин гравийной обсыпкой, Материалы П научной конференции, Тр.ЦНИИгоросушение, Белгород,1967.
I5. Фоменко В.И. К вопросу определения рационального отношения между коэффициентами фильтрации гравийной обсыпки скважины и грунта, Техническое совещание по вертикальному дренажу, М., 1968.
I6. Якубов Х. Методы строительства и расчет конструктивных элементов водоприемной части скважин вертикального дренажа, Дисс.канд.наук, Ташкент, 1964.

А.АБИРОВ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬТРОВ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Вертикальный дренаж при соблюдении высоких агротехнических мероприятий (планировка полей, промывка земель, режим орошения, обработка и т.д.) является высокоэффективным мероприятием по борьбе с засолением орошаемых земель, поэтому он нашел широкое применение в Голодной степи, Ферганской долине и в Бухарском оазисе УзССР. Однако из-за недостаточной разработанности способов строительства и отсутствия надежных конструкций фильтров, скважины, построенные в условиях тонко- и мелкозернистых песков с переслаивающимися супесчаными слоями, сильно пескуют, затрудняя эксплуатацию вертикального дренажа, что и является одной из основных причин снижения мелиоративной эффективности этого вида дренажа, построенного на землях, где водоносные горизонты представлены тонко- и мелкозернистыми песками.

В связи с этим САНИИРИ совместно с институтом "Узгипроводхоз" с 1968 г. проводит в Голодной степи в Шурузякском и Сардобинском массивах производственные исследования на опытных скважинах для разработки надежных конструкций фильтров и технологии строительства вертикального дренажа.

Шурузякское понижение в литологическом отношении представлено с поверхности земли до глубины 20-28 м суглинками с отдельными редкими прослойками и линзами глин и песков. Коэффициент фильтрации верхнего трехметрового слоя по данным Узгипроводхоза составляет 0,2-0,3 м/сутки, а осредненный коэффициент фильтрации на всю толщу покровного мелкозема по результатам пьезометрических наблюдений 0,07-0,I м/сутки. Покровные суглинки подстилаются разнозернистыми песками, местами гравием и галькой с прослойками глин. Вскрытая мощность этой толщи местами достигает 45-50 и более метров. В отдельных горизонтах содержание гравия и

гальки в составе водоносного пласта достигает 60–80% по весу и представлены преимущественно фракциями диаметром от 10 до 40 мм.

По данным анализов гранулометрического состава водоносных грунтов (табл.I) следует, что по своему составу пески в основном мелко- и среднезернистые с содержанием преобладающих частиц диаметром 0,25–0,40 мм – 30–50%. В водоносных горизонтах, где устанавливается фильтровый каркас, содержание частиц диаметром I–5 мм составляет 5–I0%, а местами эти фракции отсутствуют. Коэффициент фильтрации водоносного пласта составляет 40–50 м/сутки.

В литологическом отношении Сардобинское понижение сложено: от поверхности до глубины I8–25 м легкими суглинками и супесями, ниже до 35–40 м тонко- и мелкозернистыми песками, с переслаивающимися отдельными слоями глин и супесей. Дальше залегают среднезернистые пески с включением до I5–20% гравия, крупностью 5–20 мм. Водовмещающие породы в основном слагаются из мелкозернистых песков со средним диаметром частиц от 0,I6 до 0,20 мм. Гранулометрический состав водоносных пород Сардобинского массива приводится в табл.2. Коэффициент фильтрации водоносного горизонта по данным Узгипроводхоза составляет 20–28 м/сутки.

В этих условиях строительство опытных скважин велось двумя методами: прямой и обратной промывки станками роторно-вращательного бурения УРБ-3АМ /2,3/ и румынским станком ФА-I2.

Первый этап строительства скважин – подготовительные работы, от правильной организации которых во многом зависит успешное завершение бурения. До начала бурения скважин на строительную площадку следует завезти необходимое количество гравийной обсыпки, обсадные трубы, фильтровый каркас и т.д. Размеры и количество последних определяются после разведочного бурения так называемых "пионерных скважин".

Необходимое количество гравия определяется геометрическим объемом затрубного пространства скважин с некоторым запасом, учитывающим растекание и уплотнение его в период

Таблица I

Результаты анализа гранулометрического состава водоносных грунтов Курузякского массива

№ скважины	Глубина, м	Содержание фракции, % и диаметр, мм												
		40	40-20	20-10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
I09	24								I5,6	43,0	8,I	I2,8	9,5	II,0
"	27							5,7	I6,9	30,2	26,4	7,9	6,8	6,I
"	30		27,6		23,4	2,2			I0,4	7,6	3,2	5,8	9,8	I0,0
"	33								50	I2,8	3,4	5,3	II,5	II,0
"	36								I0,2	I6,4	II,6	I5,8	24,0	22,0
"	39		45,I	4,I					I5,8	9,6	3,2	5,8	9,9	7,I
"	4I	40,7	32,9	4,I					3,2	4,0	3,2	4,6	3,5	3,8
"	56	64,7		II,6					4,2	4,3	2,3	5,0	4,I	3,8
"	68		49,I	3I,4					3,6	3,8	2,2	3,6	2,9	3,4
"	77		66,8	7,I					4,3	49	3,2	5,2	3,9	4,6
"	80								I5,6	I6,8	I5,I	20,5	I4,5	I7,6
"	83		I4,4	2I,9	I,5				3,6	2,6	I,4	2,7	2I,7	30,2
"	86								5,8	5,2	3,9	I4,I	36,0	35,0
I20	20								I4,0	58,4	I6,8	4,8	3,0	3,0
"	23								I2,8	65,0	I2,3	3,9	4,0	2,0
"	26								I3,8	50,2	I6,5	5,5	7,0	7,0
"	28		8,6	5,I	I,5	0,5			0,9	45,2	II,4	5,6	4,6	7,6
"	30		I9,3	25,6	I2,3	I2,3	8,4	6,2	9,4	6,0	I,4	I,5	0,2	0,9
"	33		I4,7	38,2	II,3	8,4	6,3	5,3	8,5	5,I	0,7	I,0	0,6	0,4
"	35		9,2	27				2,9	I2,0	8,0	I,2	I,2	0,7	0,7
"	37		36,8	33	7,6	5,2	4,2	2,9	4,I	3,6	0,7	I,0	0,5	0,4
"	40		32,8	29,2					5,2	4,8	0,7	0,8	0,6	0,3
"	50		46,I	40,0					5,6	4,7	0,9	I,6	0,7	0,4
"	66		66,9	I7,6					7,8	5,3	0,6	I,0	0,4	0,4
"	69		24,2	3I,9	I0,4	8,I	6,7	5,0	8,3	4,4	0,6	0,5	0,8	0,I
"	7I	33,I	34,9	I7,2					6,8	4,9	0,8	I,I	0,8	0,4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
II9	27,0							5,3	I9,0	42,7	I2,4	8,5	8,0	4,I
"	32,0								25,0	58,4	4,6	5,5	5,0	I,5
"	34,0		49,9						I9,0	2I,8	2,2	3,8	I,8	I,5
"	36,0		2I,9	2,6					26,6	34,4	4,0	5,3	3,0	2,2
"	38,0	45,7	2I,0						I4,2	II,9	I,9	2,4	2,6	0,3
"	40,0	26,0	34,4						I5,9	I6,3	I,8	3,2	I,6	0,9
"	42,0		48,3						25,5	I6,5	I,8	4,3	2,8	0,8
"	44,0		54,5						I6,2	I9,8	I,9	3,9	2,I	I,6
"	46,0		28,9	3,8					22,8	3I,0	3,6	5,8	2,8	I,3
"	48,0	I5,2	35,5						I7,8	20,4	4,I	4,3	I,2	I,5
"	50,0		29,6	6,4					27,8	23,2	3,5	4,3	4,2	I,0
"	60,0		49,9						I8,I	I8,9	4,8	4,4	3,3	0,6
"	63,0		60,8						I3,4	I7,8	2,6	3,3	2,0	0,7
"	65,0								37,8	34,8	9,I	II,8	4,5	2,0
"	68,0								42,4	35,6	6,3	9,2	5,5	I,0
"	70,0								22,8	25,8	7,I	7,5	3,3	I,3
I08	23,0								5,6	69,4	9,9	5,I	5,5	4,5
"	26,0								5,2	58,6	2I,8	4,4	5,5	4,5
"	29,0								7,6	62	I3,0	4,8	6,0	6,0
"	32,0								23,6	27,4	9,3	I3,2	I4,5	I2,0
"	35,0								20,8	I9,6	II,2	I7,9	I7,0	I3,5
"	38,0								3,6	5,0	32,7	38,7	I3,0	7,0

строительной откачки и уход в образовавшиеся каверны во время бурения. Коэффициент запаса принимается - I,25-I,5. Также необходимо построить в I0-I5 м от намечаемого устья скважины приямок с полезным объемом в 2,5-3 раза превышающим геометрический объем скважины, который до начала бурения заполняется чистой водой из ближайшего источника.

При проходке крупнозернистых пород фильтрационные потери значительны (например, при бурении скв.№ 98 в колхозе им.М.И.Калинина) и поэтому водовод или временный ороситель для обеспечения буровой установки водой должен выбираться с расчетом на подачу 5-I5 л/сек расхода. Если потери промывочной жидкости оказываются очень большими и не имеется возможности подвода необходимого количества воды, то ее уровень в скважине все время будет понижаться, что исключает возможность применения всасывающего метода бурения. Нежелательно приямок для воды располагать вблизи от скважины, это может создать фильтрационное давление на стенки забоя, что повлечет их обрушение. Далее необходимо выкопать шурф под кондуктор глубиной 2,5-3,0 м, диаметр которого на I50-200 мм больше диаметра бурового наконечника. После этого на установленный кондуктор необходимо строго вертикально отцентрировать рабочий орган станка (долото).

Все материалы и оборудование, необходимые для бурения и устройства фильтров, на строительной площадке следует располагать так, чтобы они не затрудняли работу буровиков и не были отдалены от устья (рис.I). После выполнения подготовительных работ приступают к бурению скважин.

Принцип бурения станками ФА-I2 заключается в следующем: промывочная жидкость поступает из приямка в ствол скважины самотеком, омывает долото и, смешиваясь с разработанной породой, всасывается в бурильную колонку параллельно работающим вакуумным насосом. При использовании воздуха для подъема шлама применяется эрлифт, а подача сжатого воздуха осуществляется на некоторой глубине E ниже положения уровня промывочной жидкости в приямке.

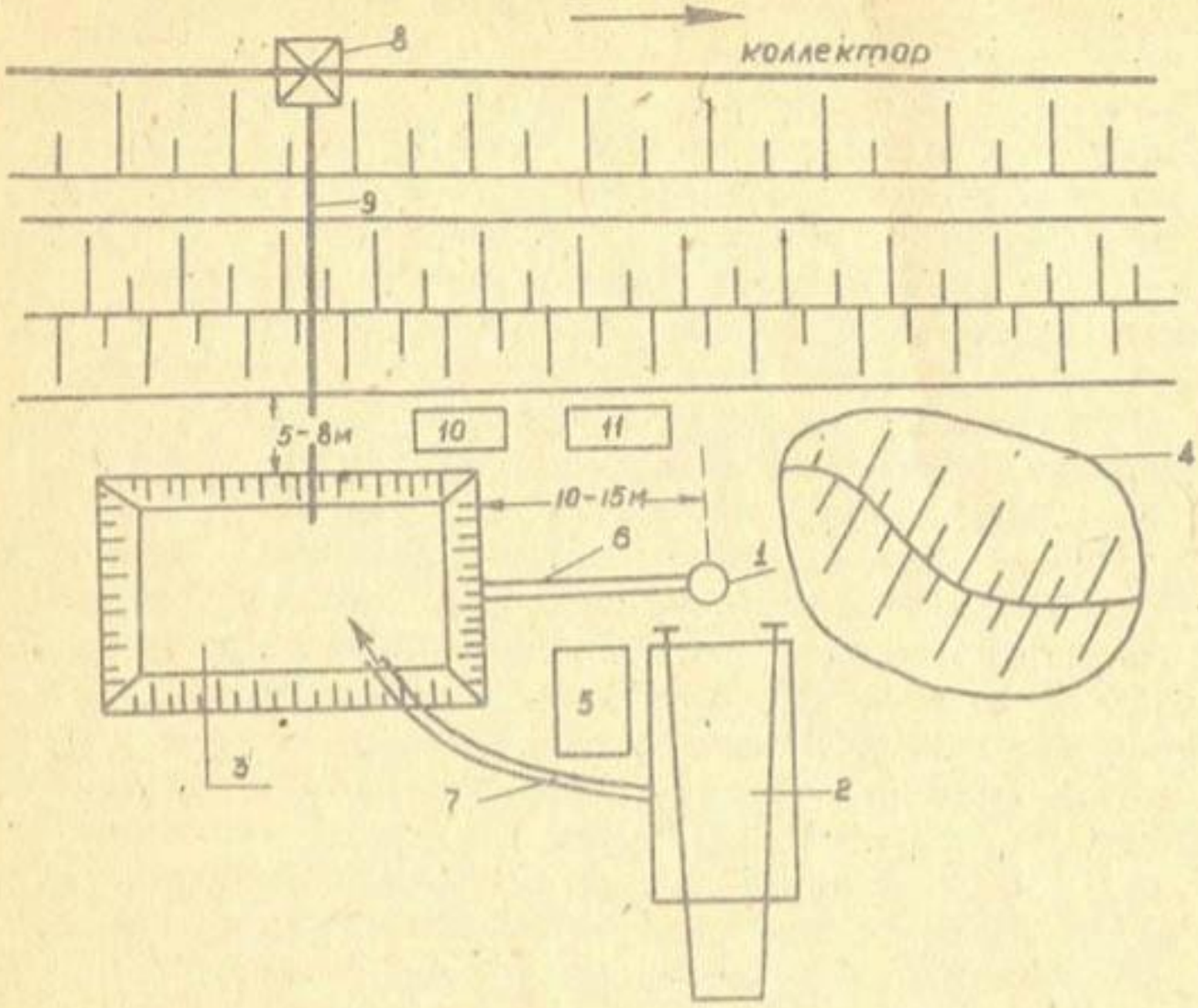


Рис.I.Схема размещения бурового оборудования и материалов при бурении скважин методом обратной промывки: I-скважина;2-буровой агрегат;3-приямок для подачи воды;4-гравийный материал; 5-бурильные трубы;6-водовод для подачи воды в скважину;7-гофрированный шланг для отвода шлама в приямок;8-насос для подачи воды из коллектора в приямок;9-шланг для подачи воды в приямок;IO-электростанция;II-тележка с оборудованием и материалами.

Бурение скважин с применением эрлифта может производиться лишь при условии, когда глубина погружения эрлифта больше или равна высоте подъема, причем максимальная глубина погружения смесителя ℓ_1 определяется величиной максимального давления воздуха, вырабатываемого компрессором. Некоторые рекомендации по применению эрлифта приводятся ниже.

Давление воздуха, атм	6	8	8	I2	20
Оптимальная глубина загрузки ℓ, м	24	24	24	24	24
Расстояние между форсунками-смесителями ℓ_0, м	24	36	45	54	96
Максимальная глубина загрузки смесителя ℓ_1, м	5I	72	90	I08	I92

При проходке скважин применялись бурильные трубы диаметром I50 мм, а в качестве рабочего органа - долота "Цублино" и крестообразные ромбические, диаметры которых равны 470, 6I0, 762, I0I6x и I270x мм. При бурении твердых пород применяются комбинированные шарошечные долота.

В процессе бурения шлам разрушенной породы поднимается на поверхность по внутренней полости бурильных труб.

При роторном бурении с применением глинистого раствора для обеспечения выноса проходимых породнаповерхность последние долотом должны размельчаться до размера, не превышающего 5 мм. При всасывающем же способе бурения возможен вынос кусков пород диаметром I50-300 мм (в зависимости от размеров бурильных труб), поэтому здесь дополнительного размельчения не требуется, причем при применении станков с бурильными трубами диаметром I50 мм можно бурить скважины диаметром от 200 до I000 мм и глубиной до I50 м, а при применении труб диаметром 300 мм - скважины диаметром от 900 до 4000 мм и глубиной до 500 м /I/.

В наших исследованиях при проходке покровного мелкозема (I5-25 м) для выноса шлама использовали вакуумный насос, ниже до проектной отметки - сжатый воздух, который вы-

x -диаметры долота I0I6 и I270мм применялись при бурении опытных скважин в Голодной степи.

рабатывался компрессором мощностью 8 атм. Одно из необходимых условий при всасывающем методе бурения - создание 3-метрового давления воды над статическим уровнем подземных вод. Это гидростатическое давление противодействует фильтрации подземных вод в скважину и выносу песков и обеспечивает устойчивость стенок скважины. Для обеспечения 3-метрового гидростатического давления скважины надо располагать либо вблизи действующей коллекторно-дренажной сети, либо подготовить специальную площадку, отметка которой должна быть на I,0-I,5 м выше отметки земли и выбираться, исходя из условий залегания грунтовых вод, т.е. обеспечения разности напора между уровнем грунтовых вод и воды в устье скважины более 3,0 м. Площадка готовится бульдозером. В этом случае вода подается насосом. Кроме того, для успешного бурения необходимо достичь проектной скорости.

Всасывающим методом - станком ФА-I2 на Шурузякском и Сардобинском массивах Голодной степи построено 7 опытных скважин, по которым велись тщательные наблюдения за ходом бурения и строительной откачки, а станком УРБ-3АМ - 4 скважины.

Сравнительная оценка, характеризующая работу станков ФА-I2 и УРБ-3АМ (в одинаковых литологических условиях), приводится в табл.3 и 4, из которых видно, что по мере освоения станка ФА-I2 затраченное время на простои, за исключением скв.№ 98, уменьшается. Фактическая же скорость проходки увеличивается и составляет 3,5-4 м/час, а при бурении станком УРБ-3АМ - около 2.

При проходке скважин станками ФА-I2 и УРБ-3АМ велся тщательный хронометраж, определяющий среднюю скорость бурения (табл.5). Из таблицы 5 видно, что наибольшая скорость проходки станком ФА-I2 наблюдается при бурении разнозернистых песков с включением мелкого гравия, а наименьшая - при бурении суглинков и галечников.

Таблица 2

Результаты анализа гранулометрического состава водоносных пород Сардобинского понижения

№ скважин	Глубина, м	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005
№ 39	31,15	2,6	24,6	24,8	44,2	1,3	1,5	1,0
"	33,15	1,4	21,6	25,8	47,9	1,8	0,5	1,0
"	35,15	1,4	46,6	36,2	8,1	1,7	4,5	1,5
"	36,15	2,2	52,0	23,4	20,3	1,1	1,0	Следы
"	41,15	Следы	6,6	48,4	42,0	1,5	0,5	1,0
"	43,15	Следы	18,0	47,6	30,2	2,7	1,5	Следы
"	29,15	1,9	7,2	36,0	47,5	4,9	1,0	1,5
"	26,15	Следы	0,8	32,2	32,1	31,9	1,5	0,5
"	28,15	"	28,2	61,0	5,2	4,1	1,0	0,5
"	29,15	"	0,8	88,0	5,4	3,8	2,0	Следы
№ 15	25,0	"	11,6	29,2	53,7	2,0	3,0	0,5
"	27,0	"	24,6	28,6	42,0	1,3	3,5	Следы
"	30,0	"	13,8	29,4	53,2	1,6	Следы	2,0
"	32,0	3,6	25,6	33,2	32,3	1,3	3,0	1,0
"	34,0	3,6	43,1	36,2	13,3	1,3	2,0	0,5
"	36,0	12,1	45,6	15,8	12,1	3,4	6,5	4,5
"	38,0	Следы	12,2	54,8	28,2	1,3	2,0	1,5
"	40,0	"	40,6	28,4	20,9	1,1	2,5	0,5
№ 36	4,0	10,6		8,0	13,8	33,2	19,5	15,0
"	6,0	Следы		4,0	18,6	47,9	14,0	15,5
"	15,0	"		Следы	3,2	13,8	43,0	40,0
"	18,0	"		1,4	1,6	5,0	50,0	42,0
"	22,0	10,6		66,8	6,4	3,7	7,5	5,0
"	25,0	13,6		64,4	6,8	4,2	7,0	4,0
"	27,0	21,8		48,0	8,0	9,2	7,6	6,0
"	30,0	28,8		33,8	8,6	12,8	10,5	5,5
"	32,0	16,4		51,8	9,2	10,0	7,5	4,5
"	35,0	9,2		60,4	10,2	8,2	8,0	4,0
"	39,0	12,0		59,0	9,8	6,7	9,0	3,5
"	40,0	28,8		34,6	6,0	8,1	12,0	10,5
"	42,0	2,2		8,0	10,0	12,7	32,0	35,0
"	47,0	Следы		3,2	7,5	39,8	26,5	23,0

Таблица 3

Скорость проходки скважин методами прямой и обратной промывки роторно-вращательного бурения

№ скважины в последовательности бурения	Способ производства работ	Массив	Название породы	Глубина скважины, м	Диаметр скважины, мм	Время от начала до конца бурения, час	Скорость проходки, м/час
I09	Всасывающий метод бурения	Шурузякский	Гравий с песком	65	I0I6	39,25	I,66
I08	"	"	"	78	I0I6	24,0	3,25
I42	"	"	"	69,5	I0I6	I4,30	4,85
98	"	"	"	78	I0I6	28,I2	2,77
39	"	Сардобинский	Мелковернистый песок	5I,60	I270	I6,45	3,I5
I5	"	"	"	44,0	I270	I4,50	3,04
76	"	Шурузякский	"	50,50	I270	I5,52	3,25
36	Роторно-вращательное бурение с глинистым раствором	Сардобинский	"	45,50	I000	20,42	2,22

Таблица 4

Режим проходки скважин станками всасывающего и роторно-вращательного бурения на Шурузинском и Сардобинском массивах Голодной степи

№ скважины	Глубина, м	Диаметр бурения, мм	Способ проходки скважин	Время, затраченное на чистое бурение, нетто час.	Время, затраченное на преодоление простой, час.	Время, затраченное на простой, час.	Общее затраченное время на бурение, час.	Фактическая скорость проходки без простоев, м/час	Скорость проходки с учетом всех простоев, м/час	Время, затраченное на подъем бурового снаряда и на обсадку, час.	Время, затраченное на зачистку гравия, час	Время, затраченное на строительство одной скважины, час.
I08	78	I0I6	ФА-I2	I6,0	7,0	I,0	24,0	3,40	3,25	6,75	I,75	32,50
I09	65	I0I6	ФА-I2	27,5	8,0	3,75	39,75	I,83	I,66	8,0	I,67	48,92
II9	70	I000	УРБ-3АМ							I0,5	5,0	
I20	74	I000	УРБ-3АМ							9,80	4	
98	78	I0I6	ФА-I2	II,3	7,6	9,22	28,I2	4,I2	2,77	6,75	2	36,87
7I	75	I000	УРБ-3АМ							II,0	3,0	
I42	69,5	I0I6	ФА-I2	7,0	6,I	2,75	I4,30	5,28	4,85	7,5	I,5	23,30
39	5I,60	I270	ФА-I2	II,0	4,5	0,95	I6,45	3,34	3,I5	6,5	I,0	23,95
36	45,50	I000	УРБ-3АМ	I7,I5	2,50	0,67	20,42	2,33	2,22	7,90	4,0	40,00
I5	44,0	I270	ФА-I2	9,67	4,33	0,50	I4,50	3,I4	3,04	6,0	I,5	22,00
76	50,50	I270	ФА-I2	II,5	4,50	0,52	I5,52	3,I6	3,25	4,20	I,3	2I,02

Таблица 5

Средняя скорость проходки скважин станками прямой и обратной промывки роторно-вращательного бурения

Грунт	Глубина проходки, м	Время, час	Средняя скорость проходки, м/час	Бурение производилось
1. Бурение с обратной промывкой				
Скважина № 109				
Средний суглинок	2,20-27,0	24,15	1,02	Долотом "Цублино"
Мелкозернистый песок с прослойками глин	27,0-33,0	2,70	2,22	" "
Разнозернистый песок с включением гравия	33,0-37,6	1,70	2,35	" "
Гравелистый песок	37,6-70,0	10,85	2,98	" "
Скважина № 98				
Средний суглинок	2,20-27,0	6,70	3,70	Ромбическим крестовым долотом
Гравий крупностью от 5 до 15 мм	53,0-59,0	1,0	5,0	
Галечник крупный	64,0-77,0	4,15	3,13	"
Скважина № 15				
Средний суглинок	2-10	2,70	2,96	"
Мелкозернистый песок-суглинок	10-25	3,60	4,16	"
Мелкозернистый песок	25-40	5,10	2,94	"
Скважина № 142				
Средний суглинок	3-17	6,35	2,24	"
Серая глина	17-23	0,95	6,31	"
Среднезернистый песок	23-34	2,10	5,24	"
Разнозернистый песок с включением гравия	34-55	4,50	4,66	"
Скважина № 39				
Легкий суглинок	0-8,5	3,15	2,38	"
2. Бурение с прямой промывкой				
Скважина № 36				
Легкий суглинок	0-8,5	3,15	2,38	Шаровечным долотом
Глина	8,5-16	2,0	3,75	"
Суглинок - мелкозернистый песок	16-28	5,0	2,4	"
Мелкозернистый песок	28-40	7,35	1,76	"

Подбор состава обсыпок для скважин вертикального дренажа

Опытные скважины (табл.6) были построены на двух, резко отличающихся друг от друга, массивах (Шурузякский и Сардобинский) с пестрым литологическим строением.

На скважинах, построенных на Шурузякском массиве, в качестве обсыпки был использован Бекабадский гравий фракции I - 20 мм, гранулометрический состав которого приводится в табл.7, из которой видно, что состав обсыпки имеет коэффициент неоднородности 2,3–2,75, т.е. по существу он почти однороден и более подходит для скважин на воду. Однако из этого гравия в процессе строительной откачки формируется крупнопористый фильтр, который непредотвращает усиленного пескования скважин. В составе такого гравия фракций размерами от I до 5 мм, необходимых для формирования суффозионно-устойчивого фильтра, содержится всего 5–I5%, что подтверждается данными строительных откачек (табл.8).

На скважинах № I08, I09 (пройденных станком ФА-I2) и на скважине № I20 (пройденной станком УРБ-3АМ) наблюдался значительный вынос песка от II0 до I50 м^3, для замещения которого в процессе откачки засыпался гравий в количестве 65–I00 м^3, за исключением скважины № I20, где пескование в течение месяца не прекращалось, образовалась большая провальная воронка диаметром 8–I0 м и глубиной до 0,5 м, хотя объем дополнительно засыпанного гравия был незначительным (до 5 м^3). Такие неудачные опыты по формированию фильтров на Шурузякском массиве были получены лишь потому, что не выдерживался состав обсыпки, рекомендованный САНИИРИ, Узгипроводхозом. При правильном подборе состава обсыпок дебиты, наблюдаемые на скважинах № I08 и I09, можно было получить без затрат большого количества гравия, а срок строительной откачки значительно сократить.

Аналогичные результаты были получены на скважинах № I20, I42, 98 этого массива, где водоносный горизонт был представлен разнозернистыми песками и галечниками.

Характеристика конструкций скважин

Таблица 6

Показатель	Шурузякский				Сардобинский массив							
	I08	I09	II9	I20	98	I42	7I	I5	36	39	3 x/	II7 x/
Глубина, м	78	65	70	74	78	69,50	75	44	45,5	5I,60	48	50,79
Длина фильтра, м	36,5	22,5	32	36,I0	40	39	25	I4,I5	I8,70	2I,0	I7,6	I6,0
Диаметр бурения, мм	I0I6	I0I6	I000	I000	I0I6	I0I6	I000	I270	I000	I270	I000	I000
Диаметр фильтрового каркаса, мм	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426
Размер отверстий, мм	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250	5x250
Скважность, %	I0-I2	I0-I2	I0-I2	I0-I2	I2-I4	I2-I4	I0-I2	I2-I4	I2-I4	I2-I4	I2-I4	I2-I4
Характерные частицы обсыпки, мм	5,50	4	3,3	3,8	5,40	3,8	4,5	5,2	0,5	0,6	-	-
	I2	9,5	7,5	8,4	I0,0	9,5	I0	7	4,8	4,8	5,8	8,0
	I3,5	II	9	I0	I3,0	I0,3	I0,4	8	6	6,5	-	-
	2,45	2,75	2,70	2,64	2,40	2,70	2,30	6,7	I2	I0,8	-	-
	0,30	0,25	0,I7	0,20	0,25	0,22	0,25	0,I8	0,I5	0,20	0,2I	0,I8
	40	38	44	42	40	4I	40	40	32	24	28	44,5

Примечание. x/ Скважины № 3, II7 пробурены в I968 г.

Гранулометрический состав гравийных обсыпок, примененных опытных скважин вертикального дренажа на Шурузякском

№ скважины	Наименование примененных обсыпок	Содержание фракций, % и диаметр, мм								
		>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	↓0,25
109	Бекабадский гравий 1-20 мм	48	21	16,4	11	2,1	1,25	0,104	0,19	0,27
119	"	43,3	21,6	18,20	13,20	2,0	0,93	0,14	0,26	0,33
120	"	37,7	21,6	24	13,6	2,46	0,62	0,045	0,039	0,046
71	"	49,51	22,95	16,15	9,49	1,30	0,31	0,036	0,036	-
108	"	62,1	21,2	11,11	4,94	0,47	0,10	0,008	0,023	-
142	"	46,7	22,19	14,7	13,8	1,23	0,65	0,14	0,22	0,29
98	"	49,51	22,95	16,15	9,49	1,30	0,31	0,036	0,036	-
76	Смесь Бекабадского гравия 1-10 мм с Джуминским песком (70:30)	3,27	26,4	23,1	12,0	8,65	13,7	3,0	5	5

Таблица 7

на строительстве массиве									
d_{10}	d_{30}	d_{60}	η						
4	9,5	11	2,75						
3,3	7,5	9	2,70						
3,8	8,4	10	2,64						
4,5	10	10,4	2,30						
5,5	12	13,5	2,45						
3,8	9,5	10,3	2,70						
5,40	10	13,0	2,40						
0,60	4,8	6,5	10,8						

В таких гидрогеологических условиях при подборе обсыпки необходимо ориентироваться на разнозернистый песок со средним диаметром 0,25–0,5 мм. Только в этом случае можно предотвратить усиленный вынос песка и сформировать устойчивый фильтр.

На скважинах Сардобинского массива (№ 36, 39) была использована смесь Бекабадского гравия с фракциями I–I0 мм – 70% и Джуминского песка – 30%, а на скважине № I5 был использован Бекабадский гравий с фракциями I–I0 мм (табл.9). Скважины № 36 и 39 бурились разными диаметрами (I000, I270 мм) методами прямой и обратной промывки станками УРБ-3АМ и ФА-I2. При этом получены дебиты 45–60 л/сек при удельном дебите 2,5 и 3,5 л/сек, а на скважине № I5 был получен дебит 67 л/сек при удельном дебите 4,5–5 л/сек (табл.8).

Использованная в скважинах № 36 и 39 в качестве обсыпок смесь Бекабадского гравия с Джуминским песком характеризуется коэффициентами неоднородности

$$\eta = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 10$$

и межслойности

$$\ell = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 24 \cdot 32 .$$

Причем, в смеси содержание необходимых частиц (I–5 мм) было достаточно, поэтому было достигнуто быстрое формирование фильтра, в течение 4–5 суток вода быстро осветлялась, а при повторных пусках также пескование отсутствовало. Однако наличие в смеси частиц песка с фракциями меньше I мм и большая шероховатость Джуминского песка увеличивало входные сопротивления, что привело к уменьшению удельного дебита по сравнению со скважиной № I5 почти в I,5 раза, хотя диаметр бурения скважины № 39 составлял I270 мм. Аналогичные же результаты были получены в совхозе "Пахтаарал".

В скважине № I9, где применялся Бекабадский гравий с D_{50} = I2,5 мм и межслойным коэффициентом ℓ = 73,5 был получен удельный дебит 6,5 л/сек, при значительном выносе песка.

Таблица 8

Результаты строительных откачек скважин

Показатель	Шуранский массив							Сардобинский массив				
	108	109	119	120	98	142	71	15	36	39	3	117
Дебит, л/сек	94,2 [x/] / 94,2	132 / 100	79 / 70	169 / 125	70 / 55	85 / 70	123 / 95	67 / 60	50 / 45	65 / 55	50 / 44	47 / 39
Удельный дебит, л/сек	20	14	4	13	26	10	12	4,5	2,5	3,5	3,65	2,58
Продолжительность откачек, сутки	30	14	14	30	25	16	22	6	14	6	12	11
Объем вынесенного песка, м³	110	120	30	150	20	100	30	30	20	Нет	85	64
Объем гравия засыпанного при откачках, м	100	65	10	Нет	5	80	Нет	5	3	Нет	-	3
Общий объем засыпки, м³	190	120	60	60	120	150	60	62	40	67	46	44
Размеры просадок, диаметр, м	-	-	-	8-10	5	7	Нет	3	Нет	Нет	-	-
Глубина у каркаса, м	-	-	-	0,30-0,40	-	-	-	0,40	Нет	Нет	-	-
Объем гравия, затрачиваемого для получения 1 л/сек удельного дебита	9,5	8,6	15	4,6	4,6	15,0	5,0	16,3	13,3	19,1	12,7	17,0
Продолжительность откачек, затраченных для получения 1 л/сек дебита, сут/л/сек	0,27	0,14	0,20	0,24	0,46	0,23	0,23	0,12	0,31	0,11	0,24	0,27

Примечание. [x/] – числитель показывает максимальный дебит, полученный при откачке эрлифтом, а знаменатель – дебит, рекомендованный для эксплуатации.

В 1969 г. эта скважина ввиду аварийности (обрыв фильтрового каркаса) была перебурена и в качестве обсыпки была использована смесь Бекабадского гравия с Джумикским песком; пескование при этом быстро прекратилось, однако, удельный дебит также сократился до 4,8 л/сек, т.е. уменьшился на 25%.

Как указывалось выше, на скважине № I5 применялся Бекабадский гравий с частицами I-I0 мм, но так как содержание частиц, необходимых для формирования фильтра (I-5 мм), в этом гравии было недостаточным (особенно частиц I-3 мм), пескование скважины не прекращалось. Состав гравия характеризуется коэффициентами неоднородности

$$\eta = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1{,}5\text{-}1{,}7 \quad \text{и межслойности} \quad e = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 40.$$

Известно, что чем однородней материал, тем крупнее размер пор. Поэтому мелкие частицы водоносного грунта не контактировали с обсыпкой, не способствовали формированию фильтра, а свободно проносились через нее, т.е. происходило длительное пескование. Итак, однородность гравия и большой коэффициент межслойности при применении Бекабадского гравия с фракциями I-I0 мм (гранулометрический состав приводится в табл.9) не способствовали созданию суффозионно-устойчивого фильтра для условий Сардобинского массива.

Однако в аналогичных условиях в совхозе "Джетысай" (отделение "Амангельды") при применении в качестве обсыпки Бекабадского гравия по составу близкому к рекомендованному ранее САНИИРИ, были получены положительные результаты /4/.

По пяти скважинам (№ 2, 6, I2, I3, I6) был получен дебит от 60 до 70 л/сек при удельном дебите 6-7 л/сек, пескования при этом практически не было даже при пуске насосов. В примененной обсыпке частиц, необходимых для формирования фильтра I-5 мм, было 30-35%, а I-7 мм - около 50%. Это является подтверждением вышесказанного, что при строгом выдерживании по фракциям состава обсыпок, рекомендованного нами, можно получить большие дебиты при незначительном пес-

Таблица 9

Гранулометрический состав гравийных обсыпок, примененных на строительстве опытных скважин вертикального дренажа на Сардобинском массиве

№ скважины	Наименование примененных обсыпок	Содержание фракций, % и диаметр, мм												
		> 10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	1/10	1/20	1/50	1/100
39	Смесь Бекабадского гравия 1-10 мм с Джуминским песком	3,27	26,4	23,1	12,0	8,65	13,7	4,0	4	5	0,6	4,8	6,5	10,8
36	"	3,40	26,0	22,0	12,5	7,8	14	5	4,5	5	0,5	4,8	6	12
15	Бекабадский гравий 1-10 мм	6,7	52	32,6	8,0	0,34	0,1	0,12	0,14	-	5,2	7,0	8	1,54
3,117	Смесь Бекабадского гравия 1-20 мм с Джуминским песком	16,9	21,1	19,7	17,2	5,5	-x/	16,1	-x/	2,5	4,2	8	9	2,1

Примечание. x/ Из подготовленной смеси для скважин № 3,117 во время засыпки ее в забой весь Джуминский песок выносился, так как удельный вес глинистого раствора в период засыпки составлял γ = 1,30 т/м

ковании. На рис.2 представлены интегральные кривые обсыпок, примененных на скважинах Сардобинского массива, из которого видно, что наиболее близким к нашим рекомендациям была смесь Бекабадского гравия с фракциями I-IO мм с Джуминским песком, примененная на скважине № 39.

Строительная откачка - процесс формирования устойчивого фильтра

В результате вымыва мелких частиц откачкой увеличивается диаметр пор естественных грунтов. С этим связано увеличение их коэффициента фильтрации и дебита скважин /2, 3/.

Процесс формирования естественного фильтра зависит как от способа бурения и правильного расчета параметров водоприемной части в соответствии с гранулометрическим составом грунта водоносного пласта, так и от режима строительной откачки.

При ударном и роторно-вращательном способе бурения с глинистым раствором проницаемость пород в прифильтровой зоне может быть существенно снижена. На таких скважинах, пробуренных станком УРБ-ЗАМ, строительную откачку необходимо проводить эрлифтной установкой без специальной водоподъемной трубы. При этом способе откачки в водоносных грунтах, сложенных крупнозернистыми породами, образовавшаяся глинистая корка на забое скважины лучше удаляется. При резких остановках и пусках компрессоров поднявшийся столб воды по обсадной колонне устремляется вниз, создавая динамические удары непосредственно о стенки скважины, что ускоряет разглинизацию забоя.

При всасывающем же способе в призабойной зоне происходит естественная сортировка грунтов с образованием зоны повышенной проницаемости, которая способствует увеличению производительности скважины. В таких скважинах строительную откачку лучше всего проводить эрлифтной установкой по схеме "внутри", когда воздуходувная колонна труб располагается внутри водоподъемной колонны. При правильном подборе соста-

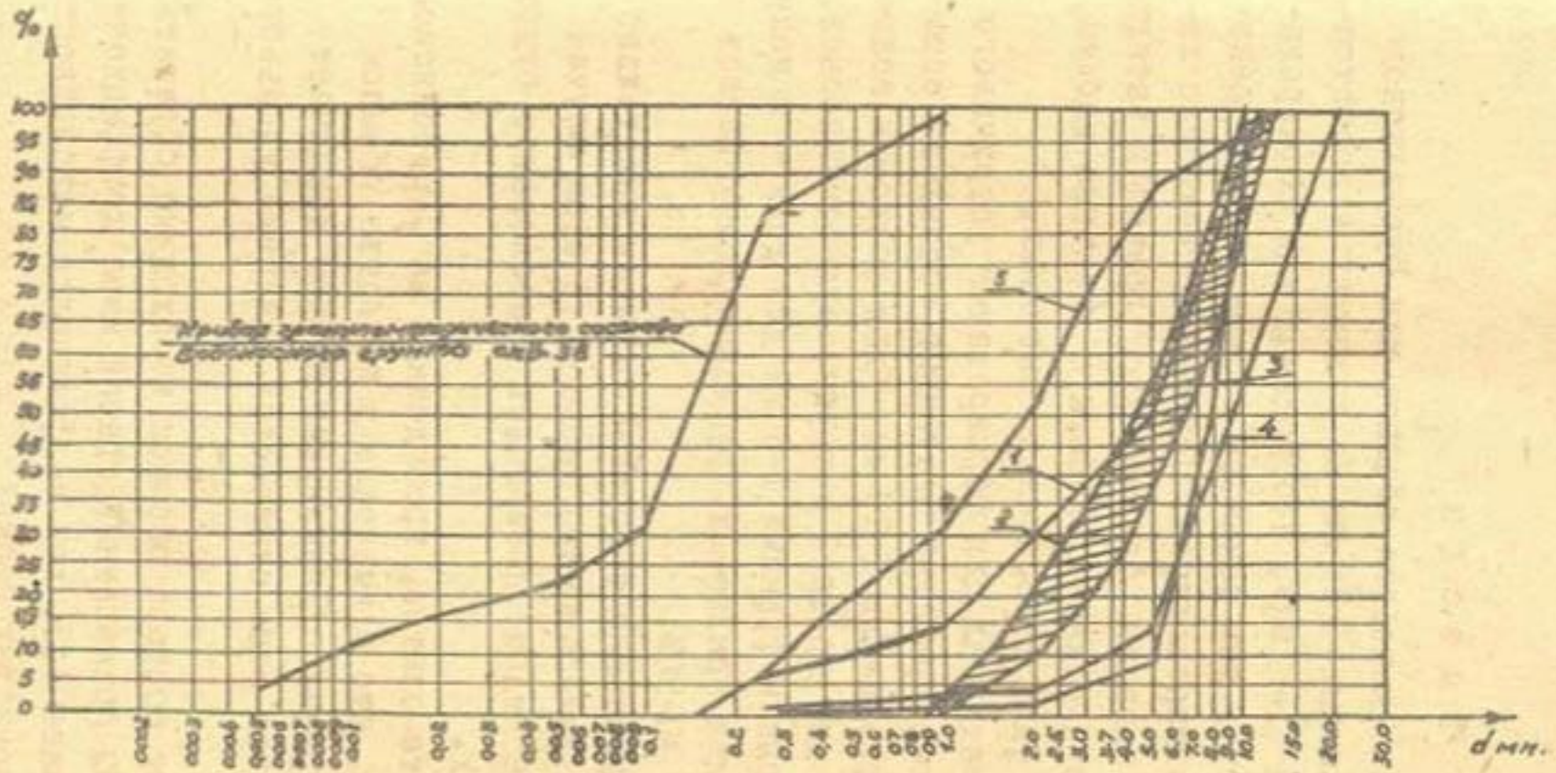


Рис.2.Интегральные гранулометрического состава пород водоносного горизонта, рекомендуемой и использованной гравийно-песчаной обсыпки на скважинах №15,36,39:

1-использованная смесь Бекабадского гравия с фракциями 1-10мм с Джуминским песком;2-область рекомендуемого САНИИРИ состава фильтра для тонко-и мелкозернистых песков;3-Бекабадский гравий фракции 1-10мм;4-Бекабадский гравий фракции 1-20мм;5-Джуминский песок.

ва фильтра и режима строительной откачки срок последних может сократиться до 6-8 суток против проектного - 15-20 (табл.8).

Выводы

1. Примененный в качестве обсыпок для Шурузякского массива гравий с фракциями 1-20 мм не содержал в достаточном количестве частиц (1-5 мм), необходимых для формирования устойчивого фильтра, тем самым не соответствовал рекомендациям САНИИРИ, Узгипроводхоза. Поэтому происходило интенсивное пескование скважин, большой уход гравия и затягивался срок строительной откачки. Дебиты и удельные дебиты, полученные при этом, были относительно высокими.

2. Наилучший материал для формирования устойчивого фильтра скважин - разнозернистый окатанный гравий из естественных карьеров с фракциями 1-10 мм - для тонко- и мелкозернистых, 1-20 мм - для средне- и крупнозернистых песков. Причем, в составе обсыпки фракции 1-5 мм для тонко- и мелкозернистых и 1-10 мм для средне- и крупнозернистых песков должно быть не менее 40-50%.

Изготовление указанного состава обсыпки желательно организовать на базе Бекабадского карьера. В этом случае снижение удельного дебита не произойдет и пескование будет в допустимых пределах.

3. В результате опытов, проведенных на Сардобинском массиве, установлено, что применение в качестве обсыпок смеси Бекабадского гравия с Джуминским песком исключает пескование, однако, при этом отмечается снижение удельного дебита.

4. При подборе состава обсыпок необходимо обращать внимание на то, чтобы примененный гравий имел коэффициент неоднородности не менее 3-5, при коэффициенте межслойности для тонко- и мелкозернистых песков $\frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 15\text{-}25$

и для средне- и крупнозернистых песков - $\frac{D_{60}}{D_{50}} < 25-35$.

5. Наиболее рациональный метод строительства вертикального дренажа - способ проходки скважин при помощи бурового станка ФА-I2 методом обратной промывки. Скорость проходки при этом в 2-3 раза больше, чем при использовании станка роторно-вращательного бурения с применением глинистого раствора (УРБ-3АМ).

Станком ФА-I2 можно бурить скважины с большим диаметром (до I270 мм), что способствует образованию фильтра большой толщины и увеличению удельного дебита: наибольший дебит I32 л/сек при удельном дебите I4,3 был получен на скважине № I09, а на скважине № I08 наибольший удельный дебит - 22 л/сек при расходе 95. В это же время на скважинах № 7I, II9, I20, пробуренных станком УРБ-3АМ, удельные дебиты соответственно составляли I2,4 и I3 л/сек.

6. В скважинах, пробуренных станком ФА-I2, строительную откачку лучше всего проводить эрлифтной установкой по схеме "внутри" или рядом, когда воздуходувная колонна труб располагается внутри водоподъемной колонны или рядом.

7. Опытные работы показали, что наиболее лучшие результаты по формированию фильтра и уменьшению срока строительной откачки в тонко- и мелкозернистых грунтах получены при бурении скважин станком ФА-I2. Бурение скважин станками УРБ-3АМ желательно производить в водоносных грунтах, представленных средне- и крупнозернистыми песками.

ЛИТЕРАТУРА

I. Гавриленко В.М., Алексеев В.С. Бурение скважин большого диаметра роторными станками с обратной промывкой, ЦИНИС, М., I966.

2. Решеткина Н.М., Барон В.А., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж орошаемых земель, Изд-во "Колос", М, I966.

3. Якубов Х.И. Производство работ по строительству скважин вертикального дренажа, Вопросы гидротехники, вып.29, Ташкент, 1965.
4. Якубов Х.И., Ходжаев С.С., Абиров А. Научно-технический отчет за 1968 г. по теме: "Разработать конструкции фильтров вертикального дренажа", САНИИРИ, Ташкент, 1969.

И.УСМАНОВ, Ю.ШАМУРАТБЕКОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛИГОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ

Результаты исследований материалов и разработка технологии изготовления пористых дренажных труб из пластораствора и раствора на глиноземистом цементе свидетельствуют о целесообразности применения их на орошаемых землях, подверженных засолению и расположенных в районах высокого стояния грунтовых вод.

В 1967 г. Хавастским заводом гончарно-дренажных труб треста "Промстройматериалы" совместно с лабораторией САНИИРИ им.В.Д.Журина было организовано изготовление опытной партии дренажных труб из пластораствора. Задачей производственных исследований была обработка основных узлов технологии и постройка опытной дрены, а также составление технологической схемы полигона для изготовления дренажных труб в одном из районов освоения новых земель Средней Азии.

Для этой цели заводом был отведен отдельный участок и выделена бригада рабочих в количестве 6 чел. Все технологические процессы по изготовлению труб производились на площадке под навесом, не защищенной с боков, поэтому работа проводилась только в летний период.

Площадка была разделена на три отсека размерами в плане 10х7 м и высотой 4,5 м. В третьем отсеке складировались составляющие раствора: мономер ФА, отходы дифенильной смолы, бензолсульфокислота, песок и керамзит; во втором хранились готовые трубы; в первом же отсеке производилось приготовление пластораствора и формовка труб. Там были установлены растворомешалка емкостью 100 литров, лабораторный вибростол (число оборотов 2500 об/мин., амплитуда колебания 0,1-0,15 мм), разъемные металлические формы, два металлических блока (размером каждый в плане 1,5х1,5 м и высотой 1,5 м), оборудованные обогревающими

(паром) механизмами. Процесс изготовления труб состоял из трех операций: подготовка материалов; приготовление раствора; формовка труб.

В подготовку материалов входила проверка пригодности компонентов раствора. Определялся фракционный состав, влажность и загрязненность заполнителей; сначала песок и керамзит просеивали через сито 5 мм, затем через сито 0,3 мм. Мономер ФА с отходами дифенильной смолы при соотношении 50:50% (по весу) перемешивали до тех пор, пока не оставалось ни одного нерастворенного комка. Затем смесь разжижалась введением отвердителя бензолсульфокислоты (БСК), нагретой до 40-45°, так как при нормальной температуре БСК находится в кристаллическом состоянии. Затем начиналось приготовление раствора. Для этого заполнители (песок или керамзит) и вяжущее, взятые в определенных соотношениях, загружались в растворомешалку и перемешивались до полного обволакивания зерен заполнителя слоем вяжущего, для чего достаточно было 1-1,5 минуты. После этого в бетономешалку вводился отвердитель - бензолсульфокислота и смесь перемешивалась в течение 1,5-2 минут, в результате получалась однородная масса темного цвета.

Формовка труб производилась в разъемных металлических формах, состоящих из металлического раздвижного кожуха, сердечника из полиэтиленовой трубы, фаскообразующей головки, нижнего кольца, центровки сердечника и подставки. Операция была разбита на шесть процессов: чистка и смазка формы; заполнение формы раствором; установка формы на вибростол и уплотнение раствора; отвод готовых труб; расформовка и складирование труб; сборка форм.

Обслуживающий персонал был распределен следующим образом: на чистку и смазку - 1 человек, заполнение формы раствором - 1 чел., на установку и уплотнение труб и их отвод на место - 2 человека, на расформовку и складирование - 1 чел. и, наконец, на сборку - 1 чел.

Продолжительность уплотнения пласторастворных труб зависела от вида применяемого заполнителя. Так, для керамзитовых труб она составляла 0,5–I мин., а для песчаных – I,5 мин.

Расформовка труб осуществлялась следующим образом: вначале удаляли сердечник, затем, открутив верхние и нижние болты формы, слегка раздвигали металлический кожух, после чего труба полностью освобождалась. Готовые трубы хранились под навесом и при этом не подвергались дополнительному уходу. Удаление сердечника производилось, примерно, через 40–50 мин. после изготовления труб, а полная расформовка осуществлялась через 2–3 часа. За это время пласторастворные трубы успевали приобрести необходимую прочность, которая позволяла распалубливать их и транспортировать до места хранения.

Следует отметить, что у пласторастворов, приготавливаемых на обычном песке, процесс схватывания проходил значительно медленнее (3–3,5 часа), чем у пласторастворов на керамзите (2 часа). Причина этого явления в том, что пористые заполнители обладают способностью поглощать часть вяжущего, в результате чего происходит уменьшение его общего объема, приходящегося на единицу объема заполнителя, а количество отвердителя – бензолсульфокислоты увеличивается на единицу объема вяжущего, что и способствует ускорению процесса прохождения реакции полимеризации. В итоге время твердения пласторастворa на пористом заполнителе сокращается.

В общей сложности было изготовлено 600 пог.м пористых пласторастворных труб, каждая из которых была длиной 500–600 мм, внутренним диаметром I43 мм и наружным – 200 мм.

Физико-механические свойства, стоимость материалов и фракционный состав заполнителей представлены в таблицах I и 2.

Таблица I

Физико-механические показатели и стоимость материалов изготовленных труб

Наименование труб	Прочность труб на поперечн. раздавлив., кгс/пог.м	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Вес, кг 1 пог. м труб	Стоимость материалов I пог.м труб, руб.	Затраты рабочей силы, чел/час
Пластораствориые на керамзите	I900	I4	I4	I,26	0,5
Пластораствориые на речном песке	I700	I2	25		0,5

Таблица 2

Фракционный состав использованных заполнителей для изготовления труб

Наименование заполнителей	Остатки на ситах	Размеры сит, мм						Прошло через сито 0,I5	Объемный вес, кг/см
		5	2,5	I,2	0,6	0,3	0,I5		
Керамзит (Джизакский з-д)	Частные	4,0	I9,8	2I	30	I7	6,I	2,I	0,82
Речной песок (р.Чирчик)	"	I,6	I5,8	3I,0	I4	30,0	3,5	4,0	I,503

Технологическая схема производства пористых пластораствориых труб, составленная нами, изображена на рисунке.

Для производства пористых пластораствориых труб необходимы склад заполнителя, вибросито (5 и 0,3 мм), служа-

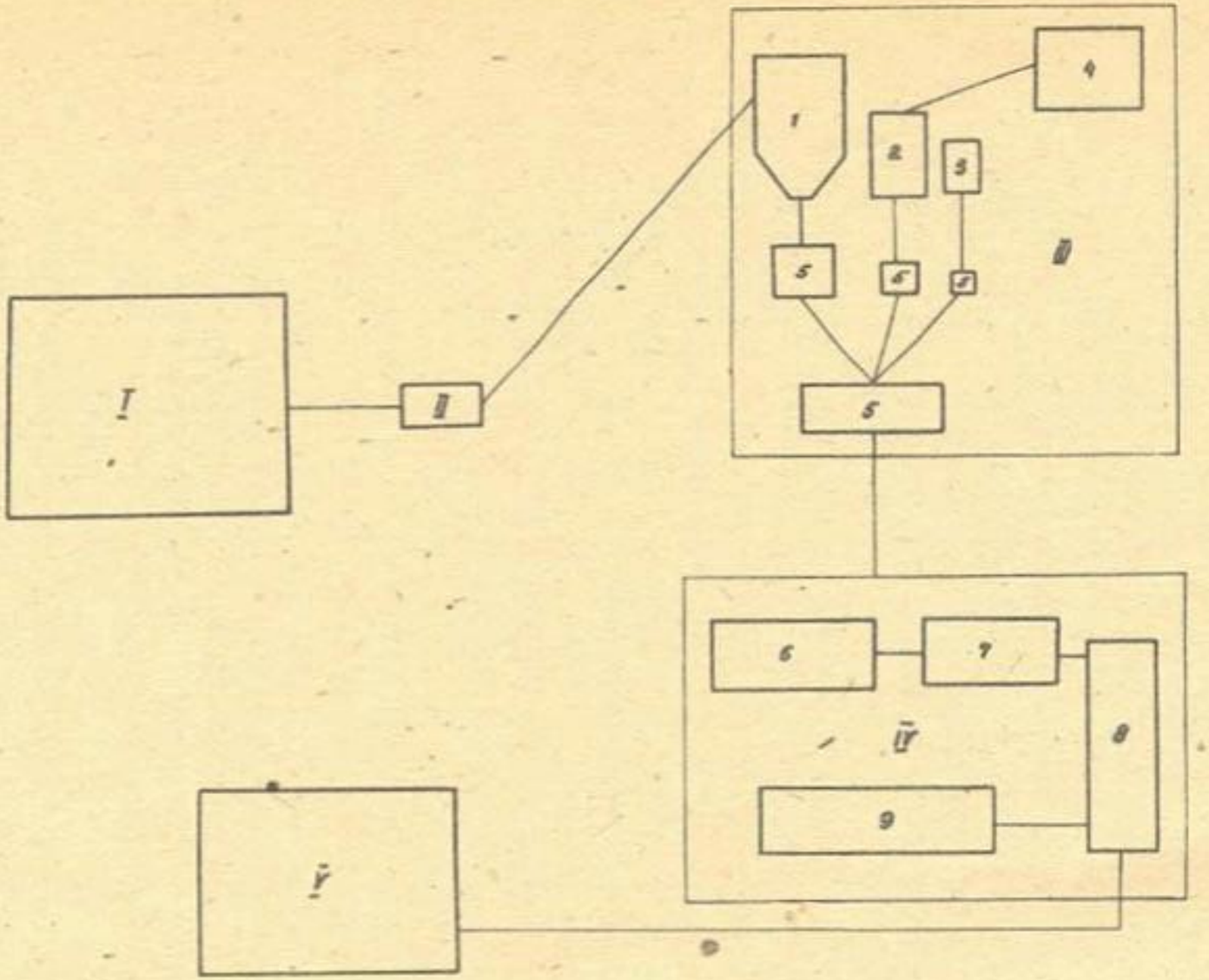
щее для рассева заполнителя на крупные фракции и растворный узел.

В растворном узле осуществляется непосредственное приготовление пластораствора. В него входят бункер заполнителя (I), металлические баки для хранения вяжущего (2) и отвердителя (3), а также дозаторы (5), растворомешалка (5), внутренняя поверхность которой должна быть обработана специальным материалом (фторопластом или др.), предотвращающим прилипание раствора к ее поверхности. Мешалка должна быть снабжена органом шнекового типа. В растворный узел входит также смесительная установка (4), функция которой заключается в предварительном приготовлении вяжущего путем перемешивания мономера ФА с отходами дифенильной смолы.

Из смесительной установки, которая состоит из металлического бака круглого сечения (в плане) и перемешивающего механизма, готовое вяжущее периодически поступает при помощи трубопровода в бак предварительного хранения.

На площадке для изготовления труб производится формовка дренажных труб. Она состоит из отдельных отсеков: площадка для заполнения формы (6) и уплотнения раствора (7), отсек предварительного твердения раствора и распалубки форм (8), место для сборки форм (9) и склад для хранения готовых труб (V). Работы по изготовлению труб должны проводиться летом под навесом, а зимой - в закрытом помещении, оборудованном вентиляцией. В зимнее время в помещении полигона, где проводится формовка и хранение пластораствор-ных труб, необходимо поддерживать нормальную температуру.

Выполнение работ осуществляется в следующем порядке. Со склада заполнитель поступает по транспортеру на вибросито (размер ячеек в свету 5x5 мм) и отсеивается на нужные фракции, затем, по мере надобности, также при помощи транспортера, производится наполнение бункера заполнителем. Составляющие раствора (заполнитель, вяжущее и отвердитель) поступают в мешалку через дозаторы. Готовые



Рисунок

Технологическая схема производства пористых пласторастворных труб.

растворы выкладываются в специальные корыта, из которых заполняются формы и уплотняются на вибростоле. Затем изделия поступают на площадку предварительного твердения. Здесь производится их расформовка. Отсюда формы отвозятся на другую площадку, где производится сборка и смазка их, а отформованные трубы отправляются на склад готовых изделий.

На полигоне можно изготавливать пористые трубы из песчаных растворов. Но в этом случае отдельные узлы полигона заменяются двумя металлическими баками размерами в плане 200х200 см и высотой 50 см, один из которых служит для увлажнения отформованных труб (для песчаных труб, тем более на глиноземистом цементе, в раннем возрасте твердения необходима влажная среда). Другой бак служит для хранения водной консистенции кремнеорганической жидкости, применяемой для пропитки песчаных труб.

Изготовленные по заводской технологии пластораствориые трубы были уложены в дрены в одном из х/с Голодной степи (№ 6 совхоз) для получения данных о долговечности труб в условиях высокой минерализации грунтовых вод. Трубы были уложены на глубину 2,3-3,0 м непосредственно на грунт основания без устройства обсыпки; стыки были заклеены битумной мастикой. Проектный уклон дрены составил 0,001; грунты, залегающие на участке, в основном, были суглинистыми, а минерализация грунтовых вод по двум пробам составляла 46,760-51,360 г/л (по плотному остатку).

В табл.3 и 4 приведены химические составы грунта и грунтовых вод, взятых в период строительства опытной дрены.

После годичного пребывания трубы в дрене в производственных условиях (с 1967 г по 1968 г.) произвели ее вскрытие. Результаты обследования пластораствориых труб, пролежавших в течение года в земле, показали, что это не ухудшило их прочностных показателей. Так, если прочность на поперечное раздавливание в период укладки была 1800 кгс/пог.м, то после вскрытия она составила

Таблица 3

Химический анализ грунта

Наименование грунта	Потери при прокаливании, %	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_3	MgO	CaO	Сумма, %	Влажность, %
Суглинок	I3,47	48,02	0,04	I5,06	4,0I	4,0	I5,40	I00,68	3,55

Таблица 4

Химический анализ воды

№ № проб	Содержание в г/л							
	плотный остаток, г/л	CO_3''	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Ca''	Mg''	$Na'+K'$
I.	5I,360	-	0,I46	I9,500	I3,440	0,740	2,028	I4,449
2.	47,860	-	0,207	I8,700	I2,000	0,720	2,460	I2,470

I779 кгс/пог.м. При осмотре разрушенных после испытания труб было установлено, что в порах материала отсутствуют отложения каких-либо частиц. На трубах отсутствуют следы как механического, так и химического разрушения.

Х.А.КАДЫРОВ, Л.М.ЯРОШЕЦКИЙ

О СПОСОБАХ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ В ЦЕЛЯХ РАССОЛЕНИЯ

Введение

В Советском Союзе проводятся большие работы по повышению плодородия почвы, имеющие окончательную цель - получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В засушливой зоне страны, к которой относится и Узбекистан, эта задача решается орошением земель и улучшением их мелиоративного состояния.

По последним данным около 40% орошаемой территории республики нуждаются в мелиорации.

Из различных видов дренажа (горизонтальный открытый и закрытый, вертикальный и др.) для определенных гидрогеологических условий, применяя систему вертикального дренажа, можно в кратчайший срок и с лучшими технико-экономическими показателями достигнуть значительного улучшения мелиоративного состояния засоленных или подверженных вторичному засолению земель. Опыт мелиорации земель в ряде районов Узбекской ССР (Сырдарьинская, Бухарская, Ферганская, Ташкентская области), в Туркменской, Таджикской и других республиках страны показал его эффективность. В соответствии с мелкомасштабным районированием в Узбекской ССР предполагается мелиорировать с помощью вертикального дренажа, число установок которого составит около 6600 штук, 1,8 млн.га орошаемых земель.

При таких масштабах применения вертикального дренажа чрезвычайно актуальна проблема управления его системами в зависимости от мелиоративного состояния дренируемой территории, что в порядке постановки вопроса будет изложено в данной работе.

I. ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Вертикальный машинный дренаж представляет собой систему насосных скважин, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, простота или сложность управления ими, а следовательно требования к способам управления ее будут зависеть от цели и задач, решаемых с помощью этой системы в различных этапах ее работы на объекте. В связи с этим необходимо остановиться на заданиях этой системы.

Рассматриваемый дренаж может быть применен для:

осушения территорий, находящихся в зоне подтопления крупных водохранилищ, водоемов и мощного потока подземных напорных вод;

мелиорации земель, засоленных и подверженных вторичному засолению;

добычи воды различного назначения и других целей.

В практике гидромелиоративного строительства могут иметь месте решение двух или более задач одной и той же системой, при этом одна из них - главенствующая, а остальные сопутствующие, хотя могут иметь немалое народнохозяйственное значение.

Вертикальный дренаж в целях осушения территорий по своему назначению может быть разделен на следующие группы:

промышленный и городской дренажи, предназначенные для длительного понижения подземных вод на территориях существующих или вновь застраиваемых промышленных предприятий, городов и других населенных пунктов, с целью предотвращения или борьбы с подтоплением ими подземных сооружений и коммуникаций или же улучшения строительных свойств обводненных грунтов, залегающих в основании сооружений;

система дренажа для осушения переувлажненных земель, занятых сельскохозяйственными культурами, и для других целей /I/.

Работа системы вертикального дренажа данного назначения направлена на понижение и поддержание зеркала грунто-

вых вод до конкретно заданного уровня от поверхности земли или от проектной отметки подземных сооружений. При этом технологическая основа управления установками вертикального дренажа сводится к автоматизации поддержания проектных положений уровня грунтовых вод. Система дренажа должна управляться автоматически приборами, контролирующими изменение уровня грунтовых вод. Информация о состоянии установок вертикального дренажа ("работает", "не работает" и аварии) должна передаваться на диспетчерский пункт средствами сигнализации.

При применении системы дренажа для понижения зеркала грунтовых вод на строительной площадке (котлован под сооружение) технологическая основа управления базируется на поддержании уровня грунтовых вод на значительной глубине. Это достигается автоматизацией работы установок (сосредоточенного расположения в рассматриваемом случае) по уровням воды в характерной скважине (отключение насосов) и в контрольном пьезометре (включение системы дренажа).

Контроль за состоянием насосных установок должен быть осуществлен в зависимости от масштаба дренируемой территории средствами дистанционной сигнализации или телесигнализации /3/.

Вертикальный дренаж в целях мелиорации засоленных и подверженных вторичному засолению земель. Применение системы вертикального дренажа, в отличие от других средств мелиорации, дает возможность сохранить опресненный фон верхней толщи покровных отложений, вновь осваиваемых земель с глубокими сильноминерализованными грунтовыми водами и глубокосолончаковатым характером засоления грунтов, путем поддержания их на первоначально глубоком положении /7/. Иными словами, в этом случае задание вертикальному дренажу будет минимальным и эта система предназначается для борьбы с причиной, а не со следствием, которое может возникнуть при освоении подобных земель без предварительного строительства дренажа данного назначения. В этом случае работа системы должна быть направ-

лена на откачку притока подземных вод и того небольшого по объему количества оросительных вод, инфильтрующихся через толщу покровных отложений и достигающих грунтовых вод. Уровень их система должна поддерживать на таких глубинах, при которых они не оказывали бы влияния на почвообразовательные процессы корнеобитаемой толщи мелкоземов.

Исходным параметром для автоматизации управления вертикальным дренажем данного назначения может быть горизонт грунтовых вод, глубина которого задается в каждом конкретном случае.

Места установки приборов контроля за уровнем, определяются расчетом, а после сооружения системы уточняются на месте. Для извещения об аварии на скважинах необходимо наличие телесигнализации.

Наиболее сложно управление системами вертикального дренажа в целях рассоления засоленных земель, зависящее от множества факторов, влияющих на разработку режима откачек для какой-либо системы и способов управления ею.

Для составления режима откачек необходимо иметь следующие данные:

природные (метеорологические и гидрогеологические условия, литологическое строение, водно-физические свойства покровной толщи и каптируемых горизонтов, засоленность почво-грунтов и др.);

ирригационно-хозяйственные (режим орошения, техника полива, состав, размещение сельскохозяйственных культур, агротехника, сроки проведения промывок, использование подземных вод для этой цели и на орошение и др.);

расчетные(водный и солевой балансы зоны аэрации, грунтовых вод и активной толщи водообмена; проектный уровень грунтовых вод, искусственная дренированность, дренирующая и рассоляющая способность системы скважин в данных ирригационно-хозяйственных условиях и др.).

Кроме того, отсутствие достаточного опыта эксплуатации систем вертикального дренажа и в том числе опытно-производственных, оборудованных средствами управления (автома-

тические, телемеханические), также сказывается на отставании разработки способов управления системами вертикального дренажа в целях рассоления с помощью этих средств от темпов его внедрения.

Проектными и научно-исследовательскими институтами был сформулирован ряд предложений по режимам откачек, эксплуатации и способам управления этими системами. Так как эти предложения выдвигались различными исследователями и проектными организациями, то естественно, не могло быть единого мнения по таким вопросам как режим откачек, параметры, принятые в основу для разработки способов управления системой, технические средства и др.

2. РЕЖИМ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Этот вопрос является основой, на которой строится режим эксплуатации действующих и проектируемых систем вертикального дренажа, в связи с этим ниже рассматриваются проектные решения и рекомендации САНИИРИ в этом направлении.

Проектные решения. Институтом „Узгипроводхоз" был составлен ряд проектных заданий и одностадийных проектов систем вертикального дренажа в целях рассоления в ряде областей Узбекской ССР:

а) в старой зоне орошения Голодной степи в 1963 г. была выполнена схема внедрения вертикального дренажа на территории старой зоны орошения Голодной степи УзССР на площади 200 тыс.га. Это был один из первых проектов, где в широком масштабе предусматривалось применение вертикального дренажа в целях рассоления. В мелиоративном периоде проектом намечалась постоянная в течение II месяцев работа установок вертикального дренажа.

Управление установками вертикального дренажа было запроектировано средствами телемеханики в объеме: телеуправление, телесигнализация (аварийная и положения), а также телеизмерение уровней грунтовых вод и пьезометрического напора в кустах пьезометров;

б) за последние годы в Бухарской области был составлен ряд проектных заданий и одностадийных проектов вертикального дренажа. Наиболее крупным проектом, где более полно разработаны технические вопросы, является "Проектное задание вертикального дренажа в Бухарском и Каганском районах (на площади 32 тыс.га), выполненное в 1967 г.

В соответствии с этим проектом режим откачек 215 скважин, составленный на основании полученных дренажных модулей по трем балансовым районам для мелиоративного и эксплуатационного периодов, предусматривал работу установок вертикального дренажа в течение 10 месяцев.

Количество скважин, находящееся в течение года в работе, изменяется от 50 до 100% в мелиоративный и от 40 до 100% - в эксплуатационный периоды.

Аналогичные режимы откачек были предложены и в других проектах по этой области.

Управление скважинами в проектном задании предусматривалось в том же объеме и теми же средствами, что и в пункте "а";

в) проектное задание вертикального дренажа в Кировском районе Ферганской области (I очередь) /4/ было составлено в 1968 г., в котором предусматривалось сооружение 61 скважин вертикального дренажа на площади 10000 га. Режим откачек был сформулирован на основании проведенных САНИИРИ исследований работы 6 опытно-производственных скважин (работа вертикального дренажа должна осуществляться с апреля по сентябрь включительно и в феврале-марте- при промывках).

Управление системой предусматривалось аналогичным изложенному в п."а";

г) проектирование вертикального дренажа на территории бывшей части Голодной степи КазССР ведется Ташкентским сектором института "Совгипрорис". В одном из наиболее крупных проектов "Проектное задание мелиоративного улучшения орошаемых земель Пахтааральского, частично Кировского и Джетысайского районов Сырдарьинской области" - в результате расчетов сформулирован режим откачек. Для мелиоративного и эксплуатационного периодов он разработан также в календарном

разрезе и в зависимости от мелиоративного состояния рассоляемой территории предусматривает работу с января по август или с декабря по август. Остальное время скважины не должны работать.

В этом же проекте управление скважинами предусматривается с телемеханическим устройством в объеме аналогично принятому институтом "Узгипроводхоз".

Как вариант, рассматривались только телеизмерения по вызову уровней грунтовых вод и пьезометрического напора, однако он был отвергнут.

Проект телемеханизации этого проектного задания был выполнен на субподрядных началах ереднеазиатским отделением ВНИИсельэлектро.

Реализация проекта выполнена по рабочим чертежам "Узгипроводхоза" только в части телемеханизации группы скважин в совхозе "Пахтаарал" в объеме: телеуправление и телесигнализация. Телеизмерение пока не осуществляется.

Предложения исследователей. В начале исследований на опытно-производственных системах вертикального дренажа обращалось внимание на вопросы методики расчета, конструирования скважин, проектирования систем, изучения мелиоративной эффективности. В последние годы, когда вертикальный дренаж стал широко внедряться, а существующие опытно-производственные системы работают более ритмично, исследования были направлены на решение вопросов их эксплуатации.

САНИИРИ были предложены режимы откачек и некоторые соображения по эксплуатации этих систем.

а) Система вертикального дренажа в совхозе "Социализм" (Шурузякское понижение старой зоны орошения Голодной степи) начала строиться в 1959 г. в соответствии с проектным заданием института "Узгипроводхоз".

Исследования САНИИРИ проводились с 1960 г. на площади 3000 га, где в настоящее время сооружены 28 скважин (Якубов Х.И., Барон В.А., Умаров А.У., Иконому Д.А.).

Режим откачек в соответствии с проектным для данной системы должен был быть постоянным в течение II месяцев

и I месяц оставлялся на различные ремонты. Но, в силу ряда обстоятельств, откачка по скважинам вертикального дренажа велась с коэффициентом полезной работы на 0,25–0,30 меньше проектной величины (0,85–0,9), поэтому исследователи считали нужным сохранить проектный режим откачек.

б) Строительство опытно-производственной системы вертикального дренажа в совхозе "Каган" Бухарской области было начато в 1959 г. по проектному заданию института "Узгипроводхоз" на площади 1830 га. Исследования на этом участке в 1961–1962 гг. велись Кадыровым Х.А., когда система была представлена 8 скважинами. Впоследствии число скважин возросло до 17 вместо 28 по проекту. На основании материалов исследований работы установок вертикального дренажа данной системы появилась возможность сформулировать рекомендации по режимам откачек в переходный (мелиоративный) период /5/.

При составлении режима откачек по системе скважин на отдельные гидрогеолого-литологические зоны Бухарского оазиса были учтены большая часть указанных выше факторов, от которых он зависит. При этом к расчету количества воды, подлежащей откачке, были предъявлены следующие требования:

I) поддержание зеркала грунтовых вод на глубине 2,8–3,3 м, при которой достигается резкое сокращение бесполезных потерь на испарение и устанавливается сероземно-луговой процесс почвообразования;

2) каптирование подземных вод в таком количестве, которое позволило бы поддерживать солевой режим почво-грунтов по типу устойчивого равновесия при максимальном использования откачиваемых вод на орошение.

Таким образом, укомплектованный режим откачек по 8 гидрогеолого-литологическим зонам можно сгруппировать в 3 типа, отличающихся друг от друга периодом наступления максимумов и минимумов работы системы и прекращения откачек для целей ремонта силового, гидромеханического оборудования и энергетического хозяйства.

В каждой группе продолжительность откачек составляет 10 месяцев и 2 месяца - простой, необходимый для ремонтов. Продолжительность откачек с максимальным дебитом составляет 3 месяца для I и 3 групп (соответственно I, 2 и 6, 7 и 8 зоны) и 2 месяца для 2 группы (3, 4 и 5 зоны) и наступает для первых двух групп в мае, а для третьей группы - в июне. В остальные до и после максимумов периоды системы работают с суммарным дебитом соответственно I, 2 и 3 группы 45 и 65% от максимального с начала года и 54 и 30% - к концу года.

Простои системы скважин в I и 2 группах приурочены к декабрю и январю, а в 3 группе - к декабрю и марту, т.е. к концу года и перед промывками. Но практика показала, что если такой режим откачек приемлем для I и 2 групп, то для третьей группы об этом нельзя сказать, так как в существующих ирригационно-хозяйственных условиях промывные поливы посевных площадей производятся в конце марта и весь апрель. В связи с этим и на основании материалов исследований системы вертикального дренажа в 1968-1969 гг. был предложен режим откачек, составленный на базе водного и солевого балансов, общего на активную толщу (20 м) водообмена и зоны аэрации, при конкретно заданных уровнях грунтовых вод, исходя из ирригационно-хозяйственных и других условий объекта.

Предложенный режим откачек - предварительный, он должен быть проверен в производственных условиях.

При этом режиме система дренажа включается в работу с 17 января и до конца мая по ней ведется непрерывная откачка: в вегетационный период прерывистая - с продолжительностью 15-20 дней и остановками 10-15 дней в месяц. В ноябре система отключается на целый месяц, в декабре работает 16 дней. Перерывы, продолжительностью 10-15 дней в период вегетации, а в осенне-зимний период на целый месяц, используются для проведения профилактических осмотров и текущих, а также капитальных ремонтов гидромеханического оборудования и энергетического хозяйства системы. Кроме этого, такой режим откачек позволяет выключение системы установок в периоды

максимума потребления электроэнергии энергосистемой.

Продолжительность откачек по системе составила 238 дней, с поддержанием уровня грунтовых вод в невегетационный период на глубине 3,3, в вегетационный - на 2,49 и за год в среднем - на 2,83 м от поверхности земли. При этом общий объем откачиваемой воды составляет 5733 $м^3$/га со средним дренажным модулем 0,178 л/сек/га. Расчет показывает, что дренажный сток составляет 60% от общего объема водоподачи, достигающей 9400 $м^3$/га нетто. В этих условиях испарение и транспирация с поверхности грунтовых вод сокращается до 760 $м^3$/га и составляет 14,5% от суммарного испарения и транспирации оросительных и грунтовых вод, определенных в объеме 5270 $м^3$/га, позволяющей выращивать 30-35 ц урожая хлопчатника.

Расчет общего водного, а по нему солевого баланса на активную толщу водообмена (18-20 м) показывает, что при описанном режиме откачек с 1 га выносится солей 19,2 т, что в условиях Каганского района позволит в течение 3-4 лет рассолить земли и тем самым улучшить мелиоративное состояние их. В дальнейшем необходимо будет этой системой поддерживать достигнутое состояние комплексом агротехнических, мелиоративных и гидротехнических мероприятий со значительно меньшими затратами в сравнении с мелиоративным (переходным) периодом.

в) Строительство вертикального дренажа в Кировском районе Ферганской области началось в 1957 г. по проекту института "Узгипроводхоз". Исследования на объекте проводились Еременко Г.В. в 1962-1963 гг., на основании чего был предложен режим откачек по скважинам участка /4/. При этом откачка по системе должна была вестись с номинальным суммарным дебитом в течение года по периодам: февраль - до конца 2-й декады марта (период промывок), со 2-й половины апреля до конца ноября (вегетационный период). Причем в последнем периоде должна вестись прерывистая откачка, продолжительность периода которой определяется временем понижения зеркала грунтовых вод до стабилизации уровня и дебита по одной или системе скважин (период откачек) и восстановления пони-

женного уровня грунтовых вод до бытовых горизонтов (период прекращения откачек).

Такой режим откачек был предложен для получения наибольшего мелиоративного эффекта, используя при этом эффект "пропаласкивания" толщи покровных отложений водой на фоне повторно-кратковременной работы системы скважин вертикального дренажа. Но он не везде применим и во многом зависит от литологического строения и гидрогеологических условий мелиорируемых массивов. В условиях Кировского района Ферганской области, также как и в условиях Каганского района Бухарской области, где на основании исследований в совхозе "Каган" в 1961-1962 гг. /6/ было отмечено о получении значительного мелиоративного эффекта при повторно-кратковременном режиме откачек в сравнении с постоянным, описанный режим в действительности применим.

г) Первая очередь вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" Сырдарьинской области была введена в эксплуатацию в 1964 г., а вся система на площади 13000 га с 72 скважинами начала работать в 1967 г.

Исследования на объекте велись с 1964 г. (Корелис Л.Л. в результате чего были сформулированы режимы откачек, в соответствии с которыми система должна работать в осенне-зимний период полностью для обеспечения отвода промывных вод.

В период вегетации, учитывая специфику хозяйства, где орошение посевов хлопка ведется с помощью дождевания, в работе должны находиться лишь 30-36% скважин, главным образом расположенных на границах совхоза и на площадях, где полив ведется не дождеванием (люцерна, огороды и др.).

После вегетации (с 20-25 августа) вся система должна работать на полную мощность для обеспечения проведения эффективной промывки.

В таком же режиме должны работать скважины и в весенний период - до 20-25 апреля (в некоторые годы до 10-15 мая).

Проектными институтами и исследователями предлагались следующие режимы откачек:

постоянный по дебиту системы в течение IO и II месяцев (проектные данные); остальное время оставлялось для ремонта насосно-силового оборудования и энергохозяйства;

постоянный во времени и переменный по количеству скважин в системе (проектное задание на массив 32,6 тыс.га в Бухарской области, выполненное в 1967 г.);

постоянный по периодам года, т.е. по системе ведется откачка в вегетационный период и во время промывок земель (итого 8 месяцев), остальное время - простой (проектное задание в Кировском районе Ферганской области);

постоянный по периодам года с различным суммарным дебитом системы, но при максимальном дебите одиночной скважины. Общая продолжительность откачек IO месяцев и 2 месяца - на простой скважин (САНИИРИ /5/);

повторно-кратковременный по периодам года, но с постоянным дебитом системы. Общая продолжительность откачек около 8 месяцев и 4 месяца - на простой (САНИИРИ /5/);

постоянный по периодам года и переменный по количеству скважин. Общая продолжительность откачек составляет 8 месяцев и 4 месяца - на простой (САНИИРИ).

Анализ предложенных режимов откачек показывает: во-первых, что авторы этих режимов в начальный период были озадачены нормальной работой системы в мелиоративный период, так как в последнем многие вопросы оставались нерешенными: применимость для данного массива, эффективность мелиоративная, экономическая и т.д.;

во-вторых, из-за отсутствия опыта эксплуатации насосно-силового оборудования, режим откачек был составлен без особого учета вопросов эксплуатации гидромеханического и силового оборудований системы и энергохозяйства;

в-третьих, из-за отсутствия приборов измерения и автоматики, а также устройств телемеханики составители режимов откачек практически не могли предложить что-либо конкретное по способам управления системой на основании объективных параметров с помощью этих средств, в выборе же послед-

них были разногласия.

Таким образом, анализ приведенных выше режимов откачек показывает, что их можно объединить в два типа:

I) постоянный по периодам года с различным суммарным дебитом системы и с учетом нормативных сроков проведения профилактических и текущих ремонтов гидромеханического и силового оборудований системы и энергохозяйства;

2) повторно-кратковременный (прерывистый) по периодам года с номинальным дебитом системы.

Не исключена возможность появления и других типов режимов откачек, более правильных, при которых будут учитываться все вышеупомянутые факторы, и при этом для управления работой системы с помощью средств автоматики и телемеханики будут выбраны следующие основные параметры:

I – уровень грунтовых вод;

2 – уровень напорных вод;

3 – разность между грунтовыми и напорными водами (в условиях бассейна напорных вод параметр 3 заменяет параметры 2 и 3);

4 – минерализация грунтовых вод;

5 – степень засоления почво-грунтов.

Первые три параметра можно отнести к числу оперативных, так как они изменяются достаточно быстро во времени, а последние два – к числу контрольных, замеряемых эпизодически эксплуатационными организациями.

3. СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ЦЕЛЯХ РАССОЛЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Следует заметить, что вне зависимости от способа управления системой каждая установка вертикального дренажа должна быть оборудована станцией управления насосным агрегатом (СУН), в которой должны быть работоспособные и надежные устройства защиты и технологической автоматики /8/.

Для вышеизложенных режимов откачек способ управления можно было бы свести к местному включению установок в опре-

деленное время и отключению в конце периода работы, так как при таких нечастых операциях отсутствует необходимость в централизации управления или автоматизации процесса.

За весь период работы каждая установка должна находиться под контролем СУН и системы телесигнализации положения ("работает", "не работает") и аварии. Каналами связи для этой системы могут быть проводные и кабельные линии связи, радио и провода линий электропередачи, питающие скважины. Измерение параметров, характеризующих мелиоративное состояние дренируемой территории, можно было бы осуществлять с помощью установленных в соответствующих контрольных точках самопишущих приборов (рис. I).

Аналогичный изложенному способ управления установками вертикального дренажа с использованием откачиваемой воды на орошение и водоподъемными установками Туркмении рекомендован Г.М. Белинским /2/.

В условиях работы системы вертикального дренажа для рассоления засоленных земель такой способ управления может привести к излишнему расходу электроэнергии при отсутствии необходимости в работе, работающих по режиму скважин (местное улучшение мелиоративного состояния, отсутствие необходимой для промывок воды и т.д.) и наоборот к ухудшению мелиоративного состояния при неработающих по графику скважинах.

Попытки сформулировать способ управления с учетом вышеизложенного предприняли ряд проектных институтов.

Институт "Гипроводхоз" ("Союзводпроект") запроектировал систему вертикального дренажа в Канибадамском районе Таджикской ССР, эксплуатацию которой предусматривалось осуществлять с помощью системы радиосигнализации средствами УКВ связи и станций автоматического управления. СУН, кроме типовой станции управления типа ПЭТ, поставляемой комплектно с насосным агрегатом, дополнялись блоком автоматического управления (АУ).

Система радиосигнализации предусматривает передачу диспетчеру сигналов об аварийном состоянии установки, а также

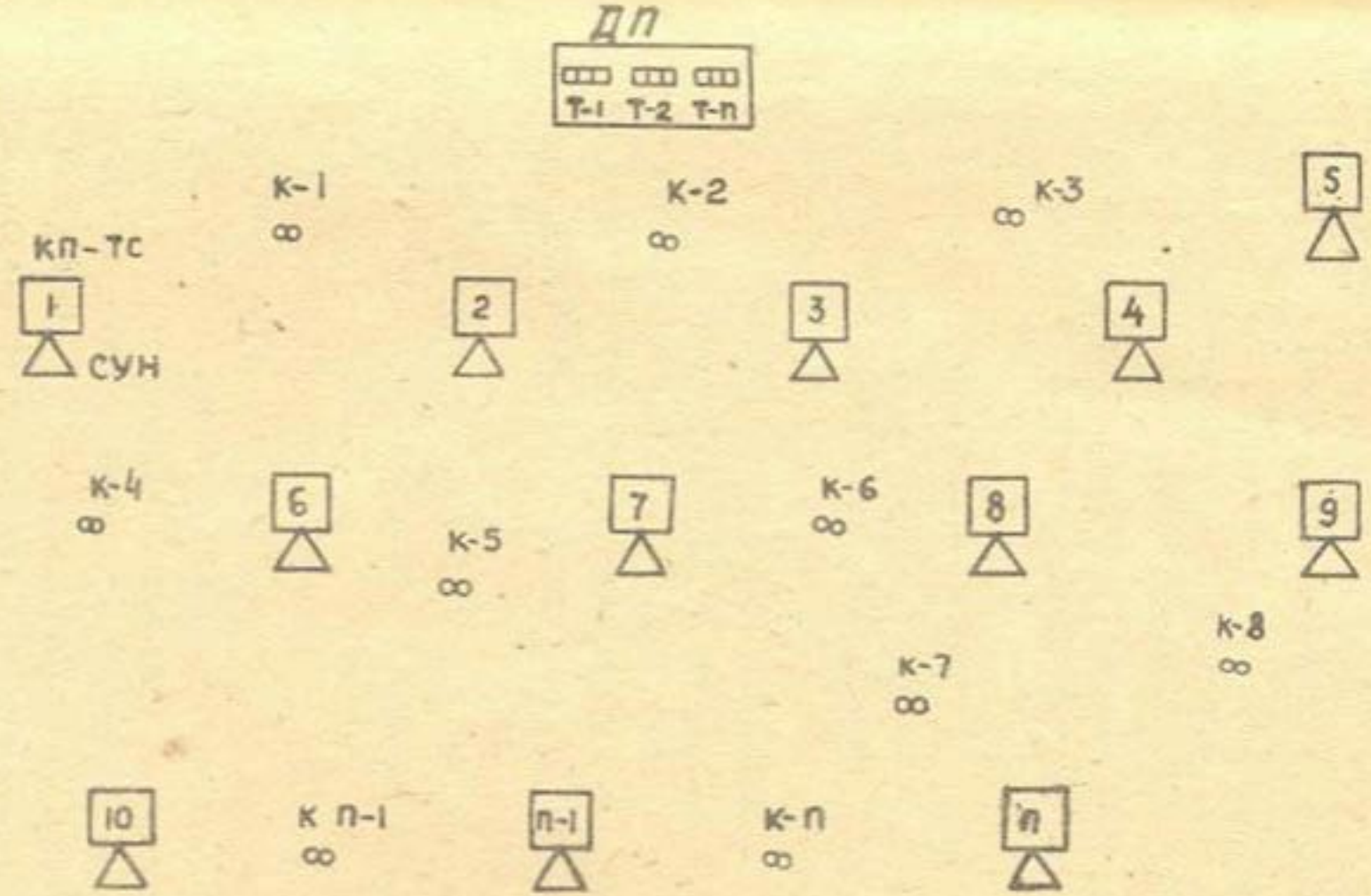


Рис.I.Схема управления системой вертикального дренажа (по календарному признаку).

ДП – диспетчерский пункт телесигнализации;

КП-ТС / 1 – контролируемый пункт телесигнализации на установке № I;

△ СУН – станция управления насосным агрегатом;

ООО Т-1 – табло состояния установки № I("работает","не работает","авария");

∞ К-1 – куст контрольных пьезометров №I(пьезометр и грунтовый колодец) с самопишущими регистрами уровня.

обеспечивает радиосвязь диспетчера с персоналом, находящимся на ней.

В состав системы входят: специально разработанные устройства - приставки для аварийной сигнализации, устанавливаемые на диспетчерском пункте (ДП) и на контролируемых пунктах (КП); пульт диспетчера и серийно выпускаемые радиостанции УКВ связи.

Управление системой вертикального дренажа предусматривалось следующим образом: включение и отключение установок должны осуществляться автоматически, в зависимости от уровня воды в скважине с насосом; аварийное отключение выполняется СУН (рис.2).

Радиостанции на КП и ДП постоянно находятся в режиме дежурного приема.

При возникновении аварии на КП устройство переводит радиостанцию в режим передачи и передатчик КП посылает соответствующий его номеру сигнал, принимаемый радиостанцией ДП. После этого радиостанция КП переходит в режим приема, а на диспетчерском пункте полученный сигнал фиксируется соответствующей лампой аварии (ЛА). Кроме этого, диспетчер имеет возможность опрашивать все КП для получения информации об исправности радиостанций и устройств.

Система разработана на базе серийно выпускаемых УКВ радиостанций "Гранит" и включает в себя 30 КП на I ДП. Дальность действия ее - 30 км.

В предлагаемом способе управления достоинством является возможность обойтись без линий связи. Достаточность объема информации и правильность рекомендуемого способа управления подтвердится при ее эксплуатации.

Институт "Узгипроводхоз", являющийся головным по проектированию вертикального дренажа в Узбекской ССР, составил ряд проектов, в которых предусматривалось управление системой вертикального дренажа средствами телемеханики в объеме: телеуправление установками; телеизмерение уровней грунтовых вод и пьезометрического напора в кустах пьезометров при скважинах - по 2-3 на одну скважину и в контрольных кустах пьезо-

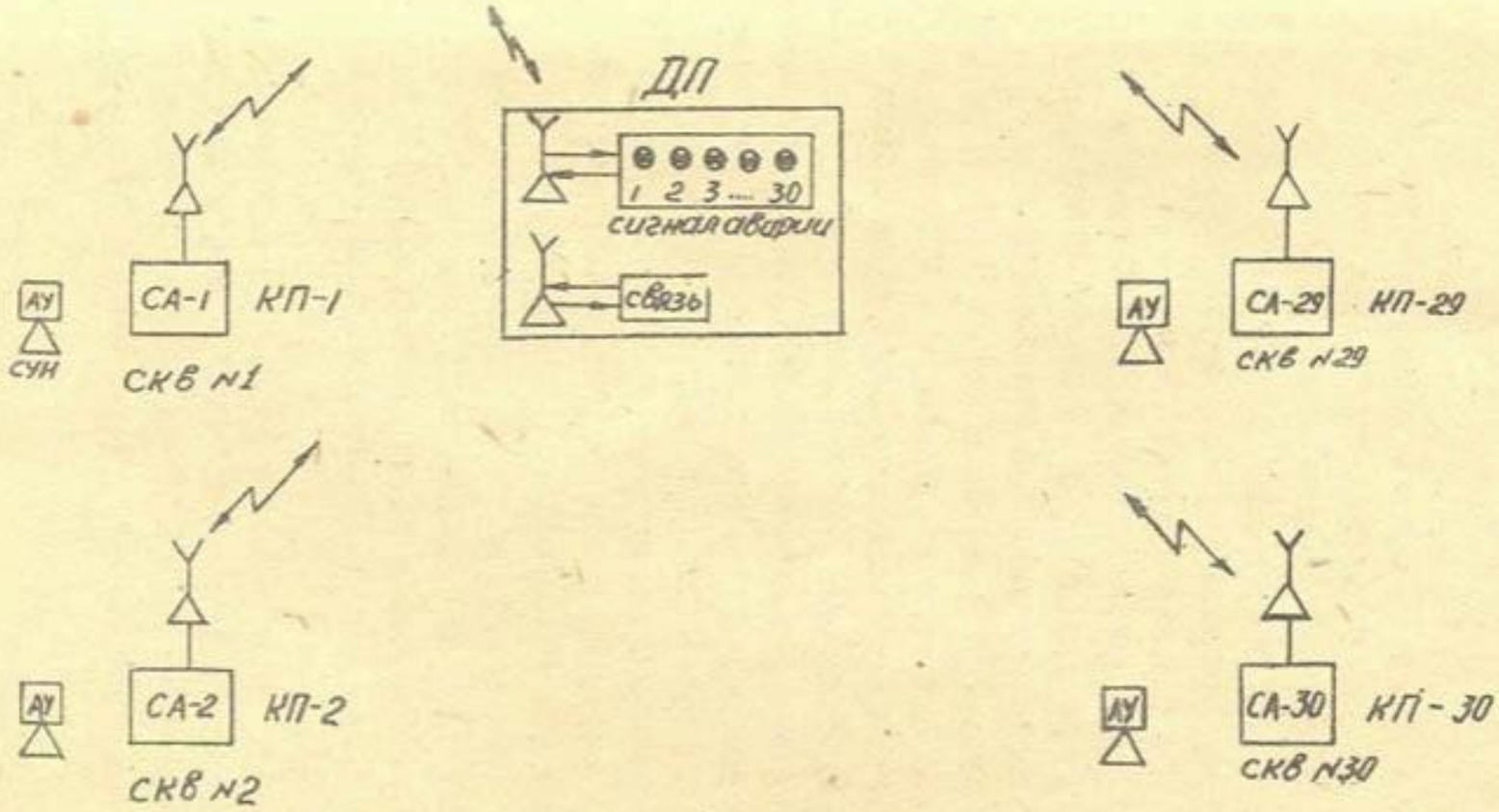
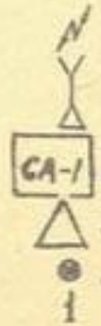


Рис.2.Схема управления системой вертикального дренажа ("Гипроводхоз"):



радиостанция; АУ -блок автоматического управления установкой от уровня в скважине с насосом;

СА-1 -сигнал аварии со скважины № I; связь -динамик и микрофон радиосвязи на ДП;

-станция управления насосным агрегатом;

-лампа аварии на установке № I.

метров; а также телесигнализация состояния установок ("работает", "не работает") и аварий на них (рис.3). Такой объем обосновывается авторами из сложившихся представлений о технологии вертикального дренажа для рассоления, в основу которой положены соображения о необходимости сосредоточения в руках диспетчера всей информации о мелиоративном состоянии рассоляемой территории и управления им установками вертикального дренажа.

По проектам института на стадии рабочих чертежей в таком объеме предусмотрена телемеханизация скважин вертикального дренажа на опытно-производственных участках Шурузякского массива и совхозе "Пахтаарал" старой зоны орошения Голодной степи, где смонтированы устройства телемеханики типа ТЧР-6I и проложены кабельные линии связи.

Однако, из-за ряда причин телемеханизация скважин на Шурузякском массиве не реализована, а в совхозе "Пахтаарал" выполнена только на части скважин (без телеизмерения).

Исследования работы устройства и каналов связи не проводились, а неполный объем телемеханизации и непроектное количество телемеханизированных установок не дает возможности делать сейчас какие-либо выводы.

Можно сказать лишь о сложности сооружения линий связи к большому числу установок в условиях, когда эти линии необходимо прокладывать по обрабатываемым сельхозтерриториям (в проекте приняты кабельные линии связи); что устройство ТЧР-6I без доработки схемы не соответствует изложенным выше запроектированным объемам телемеханики. До настоящего времени институтом не решен вопрос как и с помощью каких приборов осуществлять телеизмерение уровней грунтовых вод и пьезометрических напоров; в настоящее время "Узгипроводхоз" разработал конструкцию датчика уровня, опытные образцы которого находятся на испытаниях.

Следует отметить, что при возможности (технической и организационной) получения предусмотренной проектом информации, возможности диспетчера переработать ее и после этого осуществить ту или иную операцию с управляемыми объектами-



Рис.3.Схема управления системой вертикального дренажа ("Узгипроводхоз"):

ДП -диспетчерский пункт телемеханизированной системы;

-контролируемый пункт №I устройства телемеханики;

-кусты пьезометров(пьезометр и грунтовый колодец)при скважине с насосом;

-станция управления насосными агрегатами;

К-I -куст контрольных пьезометров №I на мелиорируемой территории,с датчиками ТИ;

ТУ, ТИ, ТС -линии связи каналов телемеханики(проводные,кабельные).

это было бы наиболее идеальной формой управления системой вертикального дренажа.

При рассмотрении изложенного выше способа управления возникает ряд вопросов, требующих своего решения:

I. В мелиоративный период, когда процесс рассоления протекает сравнительно медленно, есть ли необходимость в оперативном управлении системой?

2. Сможет ли диспетчер, получая большой объем информации (о состоянии установок вертикального дренажа, измеряемых параметрах и т.д.), проанализировать ее и правильно принять решение о необходимости включения или отключения тех или иных объектов, не потребуется ли для этой цели применение электронной вычислительной управляющей машины (рис.4)?

3. Будет ли пригоден способ управления предлагаемый для мелиоративного периода в эксплуатационном периоде?

Ответы на них пока отсутствуют и дать их может, с одной стороны, глубокое изучение эксплуатации систем и установок вертикального дренажа, анализ параметров, сопутствующих протеканию процесса рассоления и взаимозависимостей между ними, с другой - исследования эксплуатации действующих устройств телемеханики и их элементов.

Рассматривая возможность автоматизации работы установок вертикального дренажа без вмешательства диспетчера может быть рассмотрен такой способ, при котором установки вертикального дренажа могут быть включены или остановлены непосредственно от команд, сформированных приборами, определяющими параметры, характеризующие протекание процесса рассоления земель (рис.5).

В этом случае необходимо получить ответ на ряд вопросов: установление параметра (или параметров), определяющих необходимость включения или отключения скважины или группы скважин вертикального дренажа, подбор прибора (или приборов) для измерения этих параметров, установление конечных условий, определяющих необходимость включения и отключения, уточнение: какие приборы должны управлять какими скважинами и т.д.

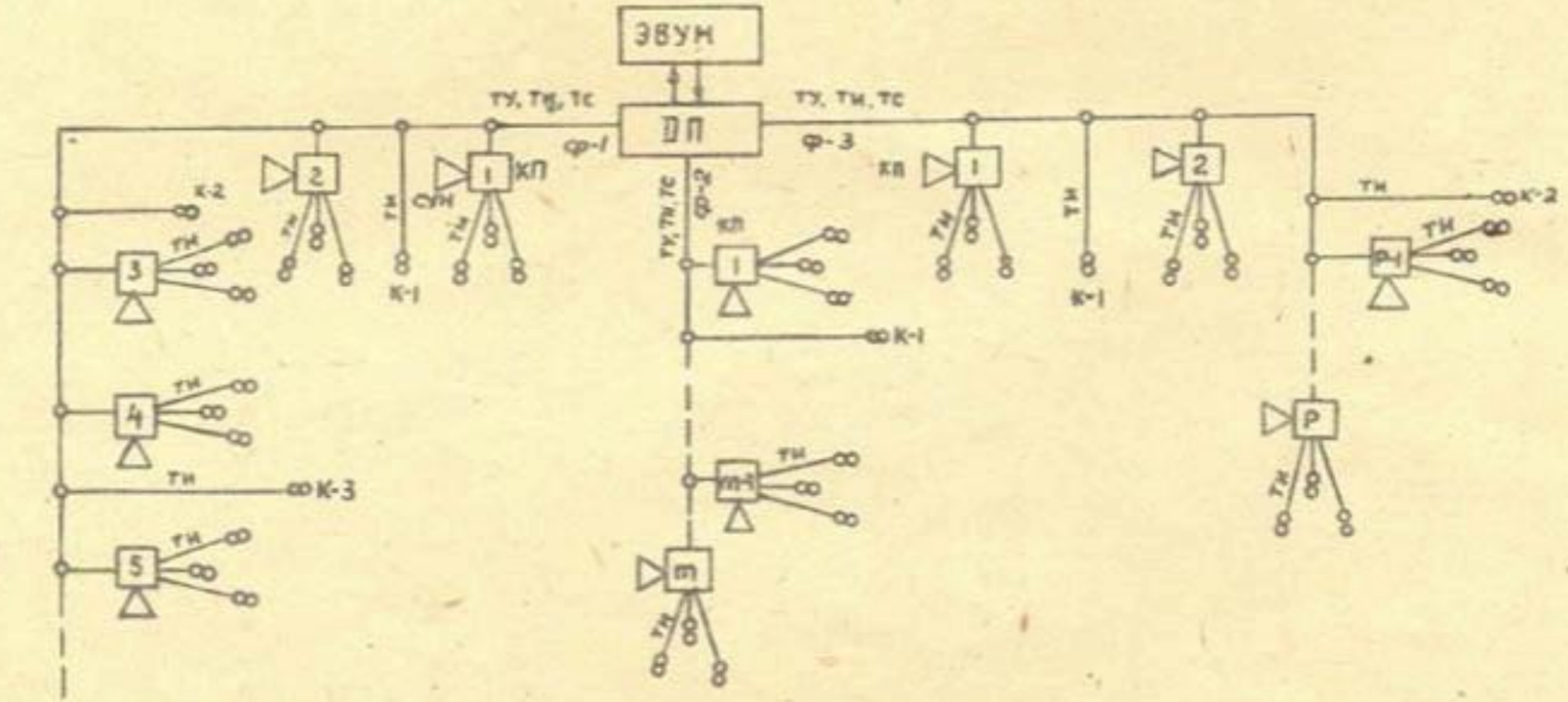


Рис.4.Схема управления системой вертикального дренажа с помощью электронно-вычислительной управляющей машины:

ЭВУМ -электронно-вычислительная управляющая машина;

ДП -диспетчерский пункт телемеханизированной системы;

ТУ,ТМ,ТС / КП -контролируемый пункт №I устройства телемеханики;

-кусты пьезометров(пьезометр и грунтовый колодец)при скважине с насосом;

-станция управления насосным агрегатом;

К-1 -линии связи каналов телемеханики(проводные,кабельные)

ТУ,ТМ,ТС -куст контрольных пьезометров №I на мелиорируемой территории,с датчиками ТМ.

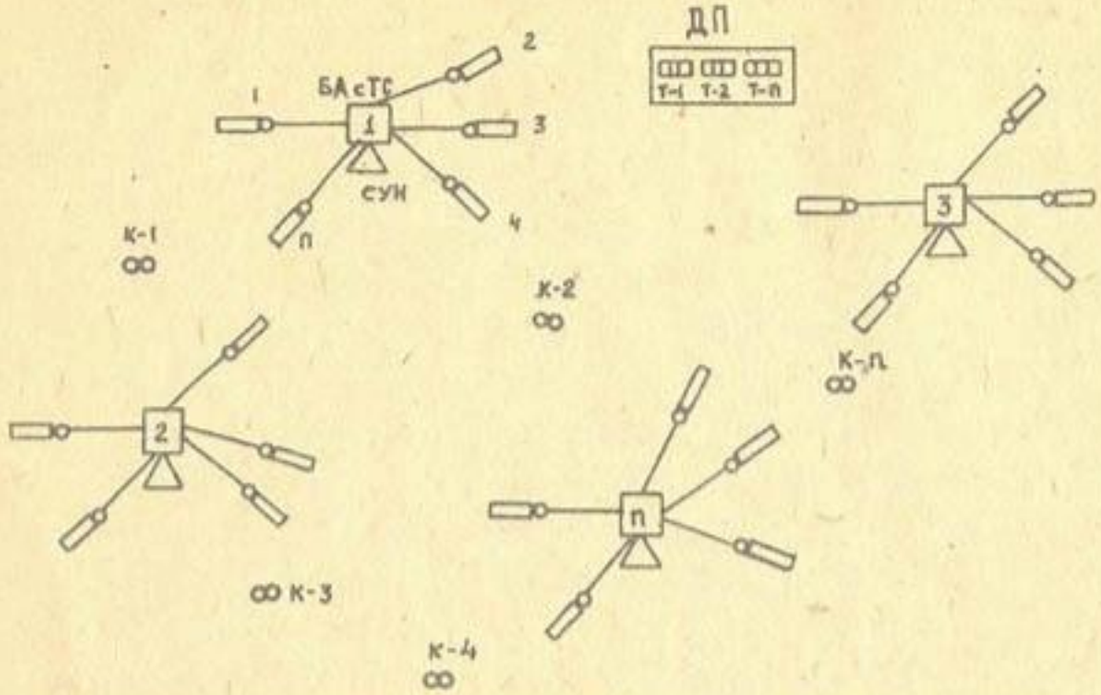


Рис.5.Схема управления системой вертикального дренажа при их автоматизации.

ДП -диспетчерский пункт телесигнализации; Т-1 -табло состояния установки № I ("работает","не работает","авария");

БАсТС 1 -блок автоматического управления установкой № I с устройством телесигнализации на КП;

СУН -станция управления насосным агрегатом;

-параметры управления установкой вертикального дренажа;

-кусты пьезометров (пьезометр и грунтовый колодец) контроля мелиоративного состояния.

Информация о состоянии скважины может быть передана средствами телесигнализации (по радиоканалам или по проводам ВЛ), а мелиоративное состояние участка фиксироваться установленными там самопишущими приборами.

Возможно такой способ управления найдет место в эксплуатационном периоде, обеспечив поддержание достигнутого в мелиоративном периоде рассоления почво-грунтов и опреснения грунтовых вод.

Выводы

I. Вопрос управления системой вертикального дренажа при помощи средств автоматики и телемеханики чрезвычайно актуален и тем более, когда внедрение этого вида дренажа приобретает широкий размах в СССР.

2. В настоящее время имеется ряд рекомендаций по режиму работы системы вертикального дренажа на мелиоративный период.

3. Известные рекомендации по режиму работы систем составлены без учета возможности управления ими с помощью автоматики или телемеханики. Управление системой заключается в местном включении установок в определенное время и местном отключении в конце периода работы с соответствующей их автоматической защитой.

4. Составлены они также без учета вопросов организации эксплуатации насосно-силового оборудования и энергохозяйства.

5. В рассмотренных материалах и в литературе не освещены вопросы управления системами вертикального дренажа в зависимости от мелиоративного состояния дренируемой территории, размещения пунктов мелиоративного контроля для получения необходимой информации, не рассмотрены основные объективные параметры для разработки способов управления систем средствами автоматики и телемеханики и приборов для измерения этих параметров.

6. В связи с большим объемом информации, поступающей к диспетчеру для управления крупными системами вертикального

дренажа, может потребоваться применение электронной вычислительной управляющей машины.

7. В связи с отсутствием до настоящего времени и со сложностью разработки способов управления системой с помощью автоматики, телемеханики и вычислительной техники, на основании ограниченного числа параметров, показывающих протекание мелиоративных процессов, размещения пунктов мелиоративного контроля, относительно системы скважин, увязки режимов работ с вопросами организации эксплуатации систем необходимо вести исследования в этих направлениях.

ЛИТЕРАТУРА

I. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве, Госиздат л-ры по строительству, архитектуре и стройматериалам, М., 1967.

2. Белинский Г.М. Автоматизация скважин вертикального дренажа, Хлопководство, № 2, 1967.

3. Воробков Л.В., Гаврилко В.М., Лобачев П.В., Шестаков В.М. Водопонижение в гидротехническом строительстве, Госиздат л-ры по строительству, архитектуре и стройматериалам, М., 1960.

4. Еременко Г.В. Режим откачек из скважин вертикального дренажа в условиях Ферганы, Гидротехника и мелиорация, № 2, 1964.

5. Кадыров Х.А. Режим откачек по системе вертикального дренажа в переходный период, Тр.САНИИРИ, вып.II2, 1967.

6. Кадыров Х.А. Влияние вертикального дренажа на минерализацию грунтовых вод, Известия АН УзССР, № I, 1964.

7. Решеткина Н.М., Барон В.А., Якубов Х.И. и др. О применении вертикального дренажа в новой зоне Голодной степи, Механизация хлопководства, № 9, Ташкент, 1964.

8. Ярошецкий Л.М. Внешнее электроснабжение, электрооборудование и управление установками вертикального дренажа. Проектирование и эксплуатация систем вертикального дренажа, Обзорная информация ЦБНТИ ММиВХ СССР, № 5, М., 1969.

Д.ЖКОНОМУ

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВО-ГРУНТОВ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СОВХОЗЕ "СОЦИАЛИЗМ" (Шурузякское понижение Голодной степи)

Опытно-производственный участок вертикального дренажа (общая площадь 3 тыс.га) расположен на территории отд.№ 7 и 3 совхоза "Социализм" Шурузякского понижения Голодной степи. Литологический разрез здесь представлен двухслойной схемой: сверху - лессовидные суглинки мощностью 25-30 м, ниже - мелкозернистые плывунные пески, переходящие на глубине 30-50 м в более крупнозернистые отложения с включением гравия и редкой гальки. Средний коэффициент фильтрации покровных мелкоземов - 0,07-0,10 м/сутки, а водоносной песчано-галечниковой толщи - 40-45.

В гидрогеологическом отношении данный массив характеризуется необеспеченным подземным стоком при постоянном подземном притоке до 1000-1500 $м^3$/га. В связи с этим в пределах этого района наблюдается повсеместное близкое залегание грунтовых вод, минерализация которых изменяется в пределах 5-8 г/л на орошаемых и 10-20 - на неорошаемых землях, а подземных откачиваемых вод - 1,0-2,0 (реже 2,5-3,0 г/л). Откачиваемые подземные воды на опытном участке полностью используются на орошения сельскохозяйственных культур, а также на промывки засоленных земель.

В соответствии с гидрологическими условиями массива здесь развиты серозем но-луговые почвы с максимальным скоплением солей в активной зоне испарения и транспирации грунтовых вод, т.е. в верхнем 3-4-метровом слое почво-грунтов. Величина плотного остатка в этой толще неорошаемых почв достигает 2,5-3,0%, в том числе анионы хлора - 0,20-0,45%. На орошаемых землях содержание солей составляет соответственно 1,2-1,5 и 0,02-0,04% от веса сухой почвы. Ниже 3-4-метровой

толщи количество солей резко снижается и не превышает 0,3-0,5% по плотному остатку и 0,02-0,05 - по хлор-иону.

Запасы солей в слое 0-3 м орошаемых почв колеблются соответственно 400-500 и 15-20 т/га, а в 20-метровой толще - 900-1300 и 70-100 т/га.

В неорошаемых почвах запас солей в толще 0-3 и 0-20 м достигает соответственно 500-700 и 1800-2200 т/га. Засоление - хлоридно-сульфатное с повышенным количеством гипса ($Cl:SO_4$ = 0,06), магниево-натриевое ($Na:Mg$ =1-3). Оттого, в какой степени правильно будут установлены водно-физические свойства почво-грунтов, будет зависеть и правильность расчетов, направленных на оздоровление мелиоративного состояния того или иного объекта.

Для уточнения расчетных параметров нами на опытно-производственном участке вертикального дренажа определены водно-физические свойства почво-грунтов. Механический состав почв участка характеризуется данными табл.1.

Данные разрезов 1 и 2 характеризуют новоорошаемые и новоосвоенные серозёмно-луговые почвы (хлопковое поле), а разрез 3 - неорошаемые солончаки.

Содержание крупнопылеватой фракции (0,05-0,01 мм) в первых двух разрезах колеблется в пределах от 33,4 до 49,5%, причем наиболее повышенным содержанием этой фракции отличается верхний 0-15-сантиметровый слой (разрез 2). Содержание ила в верхней части почвы варьирует от 4,8 до 12,9%. Минимальное содержание ила (4,8-5,3%) наблюдается в горизонтах 0-35 см (разрез 2). Содержание физической глины по разрезам 1-2 колеблется от 31,8 до 42,1, т.е. эти почвы относятся к среднесуглинистым.

Физические свойства почв участка иллюстрируются данными табл.2. Объемный вес верхнего слоя почв колеблется от 1,0 до 1,4 г/см^3, увеличиваясь с глубиной до 1,7 г/см^3. Наибольшим объемным весом характеризуются подпахотные и гипсовые плотные горизонты.

Удельный вес изменяется от 2,6-2,7 г/см^3 и наиболее равномерно распространяется по профилю. Скважность ороша-

мых почв укладывается в амплитуде 45,0-49,4%. Наименьшая скважность (39-42%) характеризует плотные гипсовые горизонты, а неорошаемых (р-4, табл.2) достигает 63%.

По данным А.Е.Нерозина (1957) наименьшая полевая влагоемкость почв Центральной опытно-мелиоративной станции Голодной степи (ЦОМС) для пахотного слоя выражается величинами 23,2-25,6 в % от веса сухой почвы, что дает 650-700 м^3/га абсолютных запасов воды.

Слой 0-100 см обладает водоудерживающей способностью в 3200 м^3/га.

Исследованиями установлено, что предельная полевая влагоемкость (ППВ) почв опытного участка укладывается по всему генетическому профилю в пределах от 30 до 35,0% от объема почвы. В пахотном слое (0-20 см) величина ее характеризуется следующими цифрами.

Для слабозасоленных новоорошаемых почв под хлопчатник (р-1,табл.2)ППВ равна 30,6,что составляет удельный запас воды-612м^3/га.

Засоленное пятно новоосваиваемых почв (р-2, табл.2) дает наибольную величину - 34,1%, или 682 м^3/га предельного запаса воды.

Слой 0-60 см новоорошаемых почв характеризуется в среднем величиной ППВ равной 35,9% от объема, что составляет 2113 м^3/га абсолютных запасов воды; 0-100 см соответственно имеет ППВ 35% равной 3513 м^3/га абсолютных запасов воды; слой 0-20 см неорошаемых почв (р-3) ППВ достигает 33,5% равной 670 м^3/га запаса воды; слой 0-65 см этих почв характеризуется ППВ равной 32,4% или 2065 м^3/га абсолютного запаса воды; слой 0-100 см имеет ППВ 34,9% или 3551 м^3/га в абсолютных запасах воды.

Величина максимальной гигроскопичности слаборастворимой части этих почв зависит от механического состава и содержания органического вещества.

Показатели максимальной гигроскопичности в метровом слое почвы колеблется от 7,2 до 9,0% (табл.2).

Таблица I

Результаты механического анализа почв методом пипетки
с обработкой гексометафосфатом

№ раз-реза	Глубина, см	Вес фракции, %								Характеристика почв
		0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001	физическая глина	
Р-I	0-20	I,83	0,42	I7,45	44,88	I0,82	I6,70	I2,90	44,2	Новоорошаемые
	20-30	I,95	0,54	I2,99	44,I4	I2,44	I6,I6	II,78	40,38	Сероземно-луговые
	30-45	5,08	5,08	I5,50	39,44	II,82	I5,62	7,46	34,90	Среднесуглинистые
	45-60	8,73	8,72	I5,03	33,84	II,56	I4,40	7,72	33,28	Слабозасоленные
	60-80	7,75	6,0I	I6,56	36,I6	7,46	I5,38	I0,68	33,52	
	80-I00	I,I6	4,44	22,08	40,I6	9,I0	I5,08	7,98	32,I6	
	I00-I20	I,85	2,I6	I2,67	48,88	I2,56	I4,50	6,98	34,44	
	I20-I35	5,07	2,73	I4,60	45,78	8,80	I5,02	8,00	3I,82	
Р-2	0-I5	I,84	I,03	6,43	49,50	II,84	24,02	5,34	4I,20	Новоосвоенные
	I5-35	2,I6	I,9I	I0,I9	43,70	I4,78	22,44	4,82	42,I0	Сероземно-луговые
	35-60	6,I5	4,72	9,0I	38,68	II,04	I8,36	I2,04	4I,44	Сильнозасоленные
	60-85	5,55	3,06	I0,99	46,I0	I2,64	I4,76	6,90	34,30	
	85-I05	3,83	5,33	I3,30	45,76	I0,80	I4,I2	6,80	3I,72	
	I05-I22	4,28	2,I2	I0,94	46,86	9,62	I7,I0	9,08	35,80	
	I22-I47	0,23	0,I7	I5,36	48,62	I0,02	I6,I0	9,50	35,62	
Р-3	0-I0	5,97	4,50	I0,93	44,I8	I2,56	I6,22	5,64	34,42	Неорошаемые
	I0-20	8,08	7,I6	I6,52	30,34	I0,98	I6,94	9,98	37,90	
	20-35	I4,22	4,83	I4,33	33,I6	9,24	I6,66	7,56	35,46	Солончаки
	35-50	I,63	4,34	I9,45	4I,60	9,80	I3,80	9,38	32,98	Среднесуглинистые
	50-65	5,I0	4,32	I4,08	39,24	I0,70	I4,62	II,94	37,26	
	65-80	II,36	5,53	II,33	26,I4	I4,22	23,32	7,80	45,34	
	80-I00	I8,7I	5,8I	22,06	30,I8	7,06	9,26	6,92	23,24	
	I00-I20	0,97	0,26	2I,09	49,70	I0,00	II,88	6,I0	27,I2	
	I20-I45	0,29	0,28	30,6I	48,52	7,54	7,90	4,86	20,30	

Физические свойства среднесуглинистых сероземно-луговых почв опытно-производственного участка вертикального дренажа в совхозе "Социализм"

Таблица 2

№ разреза и характеристика почв	Глубина горизонтов, см	Объемный вес, г/см³	Удельный вес, г/см³	Скважность, %	Предельная полевая влагоемкость (ПВВ) в % к весу сухой почвы	Предельная полевая влагоемкость (ПВВ) в % от объема сухой почвы	Некапиллярная скважность, %	Влагоемкость, м³/га	Максимальная гигроскопичность % к весу почвы	Коэффициент фильтрации, м/сутки
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
Р-I - новоорошаемые слабозасоленные хлопковое поле	0-20	I,36	2,58	47,29	22,5	30,6	I6,69	6I2	6,59	0,I80
	20-30	I,55	2,63	4I,06	24,8	38,5	2,56	385	7,08	
	30-45	I,47	2,60	47,69	23,8	35,0	I2,69	526	8,95	
	45-60	I,50	2,59	42,28	26,4	39,5	2,58	590	I0,83	
	60-80	I,49	2,59	42,85	25,7	38,2	4,65	770	I0,62	
	80-I00	I,56	2,6I	40,20	20,2	3I,5	8,70	630	6,82	0,0I
	I00-I20	I,7I	2,68	39,92	I9,4	33,I	6,82	662	5,5I	
	I20-I35	I,65	2,72	39,33	-	-	-	-	4,8I	
Р-2 - новоосвоенные сильнозасоленные хлопковое поле, I год освоения	0-I5	I,36	2,6I	47,89	25,80	35,I0	I3,79	526,0	6,63	0,I50
	I5-35	I,38	2,64	47,72	24,30	33,50	I4,22	675,0	7,66	
	35-60	I,43	2,6I	45,2I	2I,90	3I,30	I3,9I	783,0	8,II	
	60-85	I,45	2,68	45,68	22,50	32,62	I3,06	8I5,6	7,68	0,05
	85-I05	I,44	2,67	46,06	I9,70	28,36	I7,70	567,4	6,I8	/
	I05-I22	I,44	2,65	46,28	27,90	40,45	5,6I	690,0	5,I8	
	I22-I47	I,47	2,60	43,46	27,00	39,69	3,77	I000,0	4,74	

Продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
Р-3 - неорошаемое пятно солончака	0-I0	I,40	2,5I	42,23	24,9	35,0	6,23	350	7,27	0,057
	I0-20	I,36	2,62	48,09	23,5	32,0	I6,09	320	9,38	
	20-35	I,33	2,60	48,88	23,I	30,0	I8,I8	460	9,33	
	35-50	I,33	2,63	49,42	I9,I	25,7	23,72	385	I0,20	
	50-65	I,40	2,64	46,96	27,4	38,5	8,46	580	6,87	
	65-80	I,52	2,6I	4I,76	26,6	40,4	I,36	606	8,80	0,0I4
	80-I00	I,54	2,6I	40,99	27,6	42,3	-	850	8,62	
	I00-I20	I,47	2,65	44,52	-	-	-	-	4,84	
Р-4 - неорошаемые сильнозасоленные	0-5	0,92	2,6I	64,8	26,6	24,5	40,3	I22,3		0,I5
	5-I0	0,98	2,6I	62,9	27,6	27,6	34,9	276,0		
	I0-I5	I,00	2,6I	62,2	27,6	27,6	34,9	276,0		
	I5-25	I,00	2,6I	62,2	25,I	25,I	37,I	25I		
	25-35	I,08	2,6I	60,0	24,4	26,3	33,7	263,5		
	35-45	I,07	2,6I	60,0	24,0	25,7	34,3	257,0		
	45-55	I,I9	2,6I	54,5	22,7	27,0	27,5	270,0		
	55-65	I,I2	2,6I	59,8	2I,I	24,7	35,I	235,0		
	65-75	I,II	2,6I	59,8	20,9	23,0	35,8	233,0		0,05
	75-85	I,I3	2,6I	59,7	26,0	29,4	30,3	295,0		
	85-95	I,32	2,6I	50,0	24,8	32,7	I7,3	327,0		
	95-I05	I,3I	2,6I	50,0	23,6	3I,9	I8,I	3I0,0		

Одним из основных показателей водно-физических свойств почво-грунтов является водопроницаемость, которая слагается из двух процессов - впитывания и фильтрации.

Данные по интенсивности впитывания воды почвой (табл.3) говорят о низких фильтрационных свойствах рассматриваемых почв.

Почвы участка относится к слабоводопроницаемым, так как впитывание воды с поверхности почвы за первый час наблюдения не превышает 0,3-0,7 мм, а на гипсовых горизонтах величина впитывания оказалась еще более ниже (0,I-0,02 мм/мин).

За шестой час наблюдений впитывание воды с поверхности почвы достигает 0,3-0,7 мм, что составляет за истекшие 6 час. 66-II8 мм.

Впитывание воды в гипсовом слое почвы за шестой час наблюдения колеблется в пределах 0,0I-0,05 мм, а всего за 6 час. оно варьирует в пределах от I0 до 24,5 мм.

Наиболее высокая водопроницаемость была отмечена на неорошаемых почвах (р-4, табл.2). Коэффициент фильтрации с поверхности почвы колеблется от 0,05 до 0,65 м/сутки, а на гипсовых горизонтах он снижается до 0,0I-0,02 м/сутки. Снижение водопроницаемости грунтов участка происходит в основном из-за высокой пылеватости, слабой агрегированности, засоленности почвы и из-за наличия в почвенном профиле мощных плотных гипсовых горизонтов с большим содержанием гипса.

Распределение плотных гипсовых горизонтов по почвенному профилю и содержание гипса иллюстрируются данными рисунка. Установлено, что плотные гипсовые прослойки по всей территории опытного участка вскрываются с глубины 0,7-I,5 м (реже I,8) почвенного профиля, а содержание гипса изменяется в пределах 20-45% от веса сухой почвы (рис.).

Таким образом, подтверждаются высказываемые факты о высокой гипсированности верхнего слоя почво-грунтов Шурузякского понижения, установленные ранее другими исследователями (Н.А.Димо, I9I0; И.С.Рабочев,I949; А.Н.Розанов,I95I; М.А.Панков, I962 и др.). Освоение гипсированных почв данного

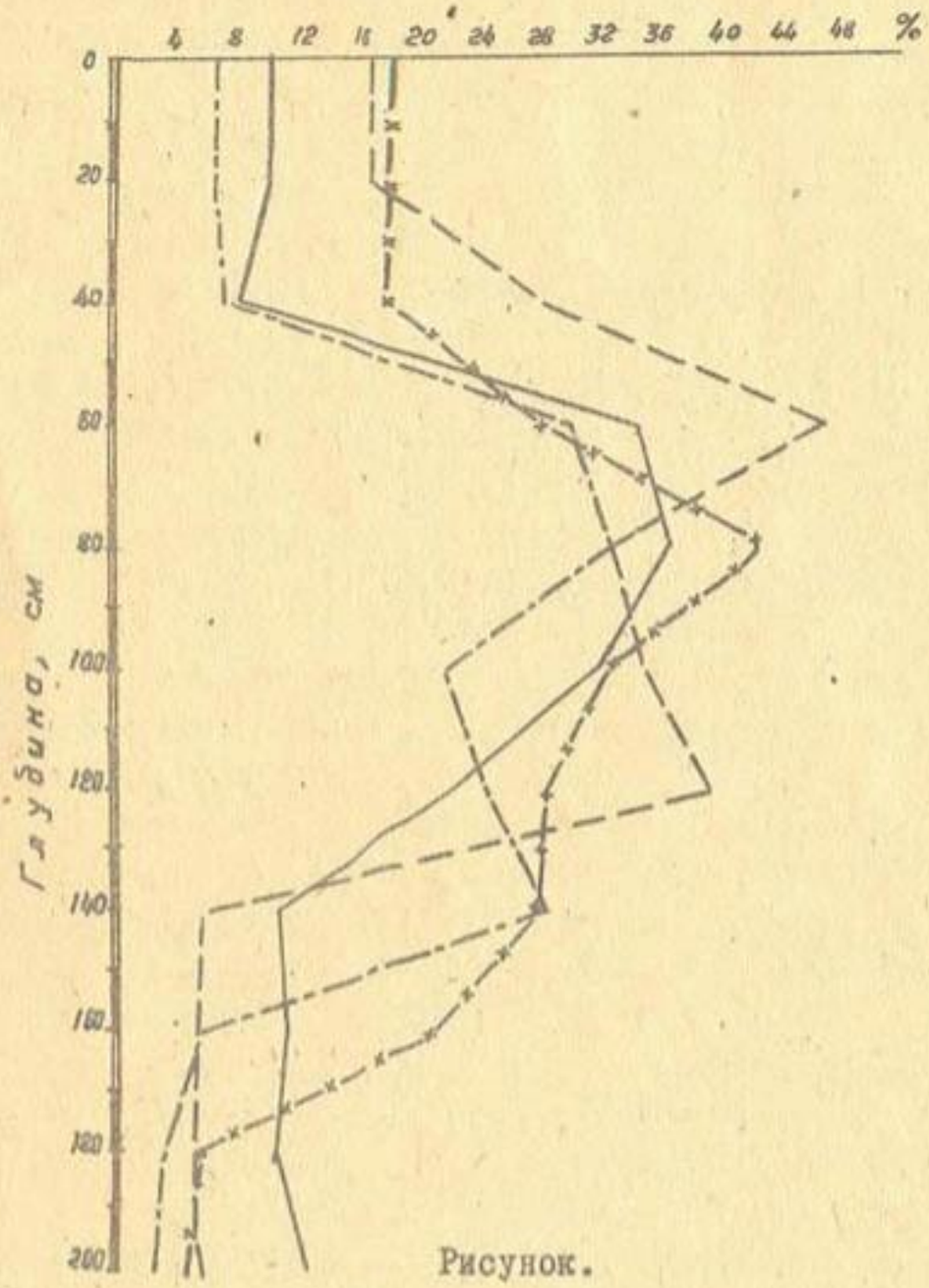


Рисунок.

Содержание гипса в неорошаемых почвах участка вертикального дренажа в совхозе "Социализм" (в % от веса сухой почвы):

—— -точка 65; ———— точка 68;
— — " 71; ----- " 74.

массива неизбежно связано с проведением промывных поливов грузными нормами воды. При определении водопроницаемости почв нами подсчитан средний расход воды за шесть часов наблюдений и коэффициент фильтрации (табл.3).

Таблица 3

№ разреза	Глубина установки приборов, см	За первый час, мм/мин	За 6 час., мм/мин	Всего за 6 час., мм	Коэффициент фильтрации, м/сутки
Р-I – пашня новоорошаемые почвы, хлопковое поле	С поверхности	0,66	0,23	II8	0,I8
	С глубины 85 см гипсовый горизонт	0,0I	0,03.	I2,5	0,0I
Р-2 – пашня новоосвоенные почвы, хлопковое поле	С поверхности	0,37	0,08	80	0,I5
	С 70 см гипсовый горизонт	0,I0	0,06	24,5	0,05
Р-3 – неорошаемые почвы-залежи	С поверхности	0,65	0,I3	66,3	0,057
	С глубины 65 см гипсовый горизонт	-	0,03	I0,0	0,0I
Р-4 – неорошаемые почвы-залежи	С поверхности	0,35	0,I7	I2,4	0,I5
	С глубины 70 см гипсовый горизонт	0,3I	0,06	60	0,05

Из вышесказанного следует, что при создании проекта мелиоративно-хозяйственного освоения засоленных земель Шурузякской депрессии необходимо тщательно изучить водно-физические свойства почво-грунтов и наметить мероприятия по их улучшению. Несмотря на неудовлетворительные водно-

физические свойства рассматриваемых почв при проведении комплекса агромелиоративных мероприятий на фоне работы вертикального дренажа создаются благоприятные условия для рассоления и освоения засоленных земель.

Выводы

I. Для расчетов при проектировании мелиоративных мероприятий и освоения сильногипсированных почв Шурузякского понижения, а также и в аналогичных условиях могут быть приняты следующие параметры водно-физических свойств почво-грунтов (зоны аэрации мощностью 0-3 м): удельный вес - 2,6-2,7 г/см^3; объемный вес - I,3-I,5 г/см^3; скважность - 47-40%; предельная полевая влагоемкость - 32-35% от объема почвы; полная влагоемкость - 33-40%; коэффициент фильтрации - для пахотного слоя почвы - 0,I5-0,20, для гипсовой прослойки - 0,0I-0,02 м/сутки.

2. Наблюдениями установлено, что плотные гипсовые горизонты в рассматриваемых почвах имеют повсеместное распространение, в основном они встречаются с глубини 0,7-I,5 м (реже I,8) от поверхности почвы и обладают низкими фильтрационными свойствами.

И.А.ЕНГУЛАТОВ, В.Г.СЕЛИВЕРСТОВА

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ИСПАРЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Испарение как важный фактор формирования водного и солевого режимов почвы и грунтовых вод имеет существенное значение при проектировании важнейших водохозяйственных мероприятий. Важность вопроса не ограничивается лишь требованиями водного хозяйства, закономерностями и количественными показателями испарения определяется решение ряда мероприятий и в некоторых других областях народного хозяйства. Учитывая это важное обстоятельство, в настоящее время ученые за рубежом и в нашей стране большое внимание уделяют изучению теоретических основ процесса испарения /2, 3, 4, IO, II, I4, I5 и др./.

Разработаны также практические приемы определения количественных показателей испарения, которыми приходится оперировать при расчетах мероприятий. Из числа таких приемов широкой известностью пользуются методы почвенных испарителей, лизиметрические, турбулентной диффузии (градиентный метод), теплового и водного балансов. Известны также различные зависимости и графики, позволяющие установить количественные показатели испарения.

Перечисленные методы вкратце могут быть охарактеризованы следующим образом:

I. Почвенные испарители, описанию которых посвящено значительное число работ /20, 2I, 22, 24, 28, 29/, характеризуются своей простотой и имеют высокую инструментальную точность, в чем заключаются их преимущества. Тем не менее, благодаря несоответствию условий на учетной площадке условиям местности, нарушениям структуры почвы в испарителях и другим причинам, результаты измерений имеют ограниченную точность.

2. Для установления функциональной связи между испарением и глубиной грунтовых вод широкое применение нашли лизиметры /9, 25, 27 и др./, точность учета которыми также ограничена и в основном по тем же причинам.

3. Для определения испарения с больших территорий известной популярностью пользуется метод водного баланса, характеризуемый уравнением вида

$$E = W_н - W_к + B_о + П - У, \qquad (I)$$

где E – испарение за принятый отрезок времени;

$W_н, W_к$ – запасы влаги в расчетном слое почвы соответственно в начале и конце расчетного времени;

$B_о$ – поступление воды на поверхность почвы;

$П$ – водообмен с более глубокими горизонтами почвы;

$У$ – поверхностный сток.

Зависимость (I) по существу является разновидностью уравнения водного баланса и вопреки трактовкам, имеющим место в литературе, не предназначена для установления испарения. Строго говоря, балансовые исследования состоят из самостоятельного определения каждого слагаемого уравнения (I) и выяснения на их основе общей погрешности Δ.

Исходя из этого, уравнение (I) следует представить в следующем виде:

$$\Delta = W_н - W_к + B_о + П - E - У. \qquad (2)$$

Установленная из уравнения (2) общая погрешность должна быть распределена между составляющими и увязанные слагаемые могут быть использованы в качестве расчетных. Следовательно, это не означает, что уравнение типа (I) должно решаться относительно любого одного слагаемого, имея известными другие. Такое решение вопроса возможно лишь в случае, когда известные слагаемые вполне достоверны, что обычно маловероятно.

При определении испарения методом теплового баланса возможны случаи значительного несоответствия метеорологических элементов территории тем элементам, которые учитываются в пунктах наблюдения. Это несоответствие подчас приводит к серьезным ошибкам. Погрешности возможны также при измерениях в ночное время и в безоблачную погоду.

4. Метод турбулентной диффузии (градиентный метод) дает возможность определения испарения путем вычислений, опирающихся на некоторые метеорологические элементы /I, 5, I0, II, I2, I3, I7, I8/, причем в процессе измерения метеорологических элементов последние не должны существенно изменяться во времени и в пространстве до I км. Это условие ограничивает область использования метода.

5. В основу определения испарения с помощью различных графиков и зависимостей кладутся те или иные исходные параметры - испаряемость, сумма осадков, среднегодовые или среднемесячные температуры воздуха, дефицит влаги в почве и др. /26, 27/. Результаты определений не всегда могут быть надежными. Все рассмотренные методы (за исключением лизиметрического) позволяют определить размер общего испарения (имеется в виду испарение грунтовых вод и почвенной влаги) лишь в сложившихся гидрогеологических и водохозяйственных условиях. При решении же мелиоративных проблем, связанных с регулированием гидрогеологического фона, важным условием является выяснение функциональной связи между испарением (грунтовых вод или общим) и глубиной грунтовых вод.

Исследования в такой постановке могут осуществляться лишь лизиметрическим методом, но опять-таки в определенно сложившихся водохозяйственных условиях.

Таким образом, все рассмотренные методы определения испарения не обладают известной мобильностью, позволяющей проведение исследований в требуемых вариантах.

Итак, все разнообразие возможных вариантов учета испарения требует разработки более мобильных методов исследования. Учитывая указанное обстоятельство, И.А.Енгулатовым в свое время был выдвинут определенный метод расчета, изложенный подробно в работе /6/. Учитывая известные сложности этого метода, зависимости, приводимые в работе /28/ И.А.Енгулатовым (для средних по механическому составу почвогрунтов), приведены в формуле вида

$$B_0 - E_0 \geq \Delta K \leq \frac{1450(E_0 - B_0)}{E_0 h^{2,4}}, \qquad (3)$$

где $\mathcal{E}_0$ - испаряемость с поверхности почвы;

B_0 - водоподача на поверхность почвы, включая осадки;

h - глубина грунтовых вод, м;

ΔK - разность между испарением и питанием грунтовых вод в $м^3$/га за месяц.

Для наиболее общего случая формула (3) может быть представлена в виде:

$$B_0 - \mathcal{E}_0 > \Delta K < \frac{K(\mathcal{E}_0 - B_0)}{\mathcal{E}_0 h^{2,4}}, \qquad (4)$$

где K и x - приобретают смысл параметров, устанавливаемых на базе фактического материала.

Для выяснения вопроса о том, в какой мере зависимость (3) с параметрами, установленными теоретическим путем, отображает действительный ход испарения в условиях старооросимой зоны Голодной степи, и уточнение их значений применительно к этим условиям, нами был обобщен пятилетний материал лизиметрических данных голодностепской региональной гидрогеологической станции. В ходе обобщения, прежде всего, были установлены среднемесячные значения параметра K при $h^{2,4}$. Для осреднений был использован фактический материал по 175 прямым определениям (на лизиметрах) и полученные результаты помещены в табл.

Таблица

Глубина грунтовых вод, м	Осредненные значения параметра K Тнов	
	за вегетацию	за годовой цикл
1,0	1060	810
1,5	1800	1450
2,0	2000	1850
3,0	2150	2000

Из табл.1 следует, что значения параметров K, установленные на фактическом материале, отличаются от его теоретического значения. Кроме того, фактические значения K по

мере роста глубин грунтовых вод возрастают. Эти два обстоятельства, свидетельствуют о том, что связь между испарением грунтовых вод и глубиной для условий Голодной степи может быть охарактеризована зависимостью (3) лишь грубо. Для уточнения зависимости (3) составляем отношение вида

$$\frac{K}{h_i^{\chi}} = \frac{K_i}{h_i^{2,4}},$$

где K_i - табличные значения параметров;

K и χ - искомые значения параметров (откорректированные).

Их значения могут быть установлены различными методами, имеющимися в математике - метод - средних, наименьших квадратов или метод моментов. В нашем случае значения параметров K и χ устанавливались путем решения систем парных уравнений, составленных по снежным данным, помещенных в табл.I.

Окончательные их значения были приняты на основе взвешивания частных значений, полученных при решении каждой пары уравнений. В результате такого уточнения формула (4) приводится к виду:

$$E_0 - B_0 = \Delta K \approx \frac{1250\,(E_0 - B_0)}{E_0\, h^{1,9}} \text{ м}^3/\text{га за месяц.} \qquad (5)$$

Следовательно, для условий старооросимой зоны Голодной степи уравнение (5) может быть рекомендовано в качестве расчетного. Общее же испарение почвенных и грунтовых вод может быть найдено из суммы

$$E = B_0 + \Delta K.$$

В случае преобладания питания грунтовых вод над испарением ΔK будет иметь отрицательное значение и расчеты его количественного значения рассмотрены в работе /7/.

В заключение отметим, что при отсутствии региональных наблюдений испарение грунтовых вод можно установить путем расчета по формуле (3). При наличии фактических лизиметрических данных уравнение (4) должно быть уточнено, в части параметров, изложенным методом.

ЛИТЕРАТУРА

I. Агапов А.И. К теории капиллярных явлений в почве. В сб.Тепловой и водный режим и вопросы почвенной структуры, М., 1937.

2. Будаговский А.И. Зависимость испарения от метеорологических условий и влажности почвы. В кн.: Вопросы орошения в низовьях Аму-Дарьи, Изд. АН СССР, 1956.

3. Будаговский А.И. Основные закономерности испарения в степной зоне. Изв.АН СССР, сер.географ.,№ 3,1956.

4. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги, М., 1964.

5. Будыко М.И. Турбулентный обмен в нижних слоях атмосферы. Метеорология и гидрология, № 2, 1946.

6. Ергулатов И.А. Определение испарения грунтовых вод методом расчетов. Труды САНИИРИ. Вопросы гидротехники, вып.28, Ташкент, 1965.

7. Ергулатов И.А. К вопросу расчета запасов влаги в зоне аэрации почво-грунтов. Труды САНИИРИ,вып.119,1969.

8. Иванов Б.Г. Годовые испарения в основных географических зонах. Изв.АН СССР, сер.географ.и геофиз., № 3, М., 1940.

9. Ивицкий А.И. Испарение с торфяной почвы в зависимости от климатических факторов и уровня грунтовых вод. Почвоведение, № 2, 1938.

10. Казанский А.Б. и Монин А.С. Турбулентность в приземных инверсиях. Изв.АН СССР, сер.геофиз., № 1, 1956.

11. Казанский А.Б. и Монин А.С. О турбулентном режиме в приземном слое воздуха при неустойчивой стратификации. Изв.АН СССР, серия геофиз., № 6, 1958.

12. Казанский А.Б. и Монин А.С. Определение турбулентных потоков. Изв.АН СССР, серия геофиз.,№ 1, 1956.

13. Константинов А.Р. Расчет испарения с сельскохозяйственных полей с учетом влияния лесных полей. Труды гос.гидрол.ин-та, вып.34(88), Л.,Гидрометеоиздат, 1952.

I4. Константинов А.Р. и Струзер А.Р. Измерение суммарного испарения и транспирация сельскохозяйственных культур с помощью испарителя, Труды Гос.гидрологич.ин-та, вып.45(99), Л., Гидрометиздат, I954.

I5. Константинов А.Р. Испарение в природе, Л., I963.

I6. Костяков А.Н., Фаворин Н.Н. и Аверьянов С.Ф. Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод, М., I956.

I7. Лайхтман Д.Л. Профиль ветра и обмен в приземном слое атмосферы. Изв.АН СССР, серия географ.и физ. I944, т.8, № I.

I8. Монин А.С. О механизме нагревания воздуха в открытой степи. В кн.: Микроклиматические и климатические исследования в Прикаспийской низменности. Изд.АН СССР, I953.

I9. Морозов А.Г. Методы расчета передвижения парообразной влаги в почво-грунтах. Труды ин-та гидротехники и мелиорации, т.XII, М., I938.

20. Попов В.П. Почвенная влага и методы ее изучения,Млеев, I928.

2I. Попов О.В. Применение гидравлического почвенного испарителя в зоне недостаточного увлажнения. Труды Гос. гидрол.ин-та, I956, вып.57(III), Л., Гидрометеоиздат.

22. Пушкарев В.Ф. и Попов О.В. Организация и производство наблюдений над испарением с почвы. В кн.: Методические указания управлениям гидрометслужбы, № 30, Л., Гидрометиздат, I952.

23. Пушкарев В.Ф. Исследования методов наблюдений над испарением с почвы. Труды Гос.гидрол.ин-та, I954, вып.45(99), Л., Гидрометеоиздат.

24. Рыкачев М.А. Новый испаритель для наблюдений над испарением травы. Зап.Акад.наук, сер.8, физ-мат.отд., т.7, № 3. С-Пб. I898.

25. Сляднев А.Ф. Методы изучения динамики в почво-грунтах хлопковых полей, Труды УзФАН, I94I.

26. Тимофеев М.П. О методике определения компонента типового баланса подстилающей поверхности. Труды Гл. геофиз.обсерватории, вып.27(89), 1951.
27. Тищенко П.В. Применение лизиметров для определения в районе Нижне-Донской оросительной системы. В кн.: Материалы межведомственного совещания по проблеме изучения испарения с поверхности суши, Валдай, 1961.
28. Ураваев В.А. Экспериментальные гидрогеологические исследования на Валдае. Гидрометеоиздат, 1953.
29. Федотов С.Ф. Опыт эксплуатации гидравлического почвенного испарителя малой модели (ГПИ-51). Труды Гос. гидрол.ин-та вып.57(III), Л., Гидрометеоиздат. 1956.

З.П.ПУШКАРЕВА, А.МУСАХАНОВ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ ПОЧВО-ГРУНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧИМБАЙСКОГО РАЙОНА КК АССР

Современное мелиоративное состояние территории КК АССР характеризуется низким коэффициентом земельного использования (0,15–0,2) и высоким водопотреблением хозяйств (до 35 – 45 тыс.м^3/га) при слабой их дренированности. Дренажный сток по коллекторам не превышает 5–10% от общей водоподачи, при этом 40–50% от него составляет поверхностный сброс (А.Н.Нурманов, 1966). Иначе говоря, на территории района в настоящее время действует несовершенная оросительная система.

Развитие орошения в низовьях Амударьи требует коренного изменения в решении вопросов мелиорации засоленных земель (строительство оросительных систем с высоким к.п.д., увеличение коэффициента земельного использования и сокращение размеров водопотребления, создание совершенной техники дренирования и проведения на их фоне рассолительных мероприятий). Разработка проектов этих комплексных гидро- и агротехнических мероприятий на землях КК АССР должна базироваться на глубоких исследованиях природных условий. Засоленность почво-грунтов – один из основных природных факторов в определении размеров комплекса рассолительных мероприятий. В связи с этим нами в 1970 г. в Чимбайском районе КК АССР начаты исследования по формированию запасов и состава солей в верхней части четвертичных отложений и оценке земель по их пригодности к освоению. Засоление земель исследуемой территории очень неравномерно. Наряду с луговыми аллювиальными почвами среднего и сильного засоления встречаются участки с опресненными поверхностными и глубинными горизонтами почво-грунтов.

Большую роль в процессах соленакопления оказывают такие факторы, как условия естественной дренированности, наличие или отсутствие напорности подземных вод, геоморфология, литологическое строение, глубина и степень минерализации грунтовых вод, агроирригационная деятельность человека и т.д.

Так как для всей территории района перечисленные факторы не были аналогичными, процессы соленакопления в почвогрунтах протекали дифференцированно не только в пространственном отношении, но и по глубине. Однако для описываемого массива можно выделить шесть наиболее характерных типов солевых профилей, отличающихся друг от друга как по степени засоленности, так и характеру распределения солей (рис.I).

Первый тип солевого профиля характеризуется незначительным засолением на глубину в 20 см и имеет нечетко выраженный сезонный максимум в верхнем 0,2-0,4-метровом слое с величиной плотного остатка до 0,3-0,4%.

Второй тип эпюры имеет ясно выраженный солевой максимум до 0,4-0,6 м, где величина плотного остатка достигает I,0-I,3%. Глубже засоление варьирует в пределах 0,I5-0,25%.

Третий тип имеет опресненный до 0,I0-0,I5% поверхностный горизонт на глубину до I,0-I,5 м, а глубже засоление возрастает до 0,25-0,42%.

У четвертого типа солевого профиля четко выраженный горизонт солевого максимума растянут на глубину до 2-3 м с величиной плотного остатка от I,0 до 4,5%. Глубже засоление резко падает и составляет 0,25-0,60%.

В пятом типе профилей наибольшие запасы солей сосредоточены в глубинных горизонтах (с 6-7 до 20 м) с величиной плотного остатка от 0,7 до I,3-I,4%. Верхняя 0,0-6,0-метровая толща почво-грунтов опреснена до 0,3-0,6%.

Шестой тип эпюры имеет высокое (I,0-I,5-I,7%) засоление с поверхностных горизонтов на всю 20-метровую толщу почво-грунтов. Однако наибольшая степень засоления приурочена к верхнему слою 0-0,4 м и достигает 2,5-4,5% по плотному остатку.

Исходя из характера распределения солей по почвогрунтовому профилю, гидрогеологических и литологических условий территорию Чимбайского района можно разделить на пять зон (районов), отличающихся друг от друга по запасам и составу солей (рис.2).

Первый район (8404 га) характеризуется первым типом солевой эпюры, т.е. земли здесь имеют опресненный профиль с поверхностных горизонтов на всю 20-метровую толщу.

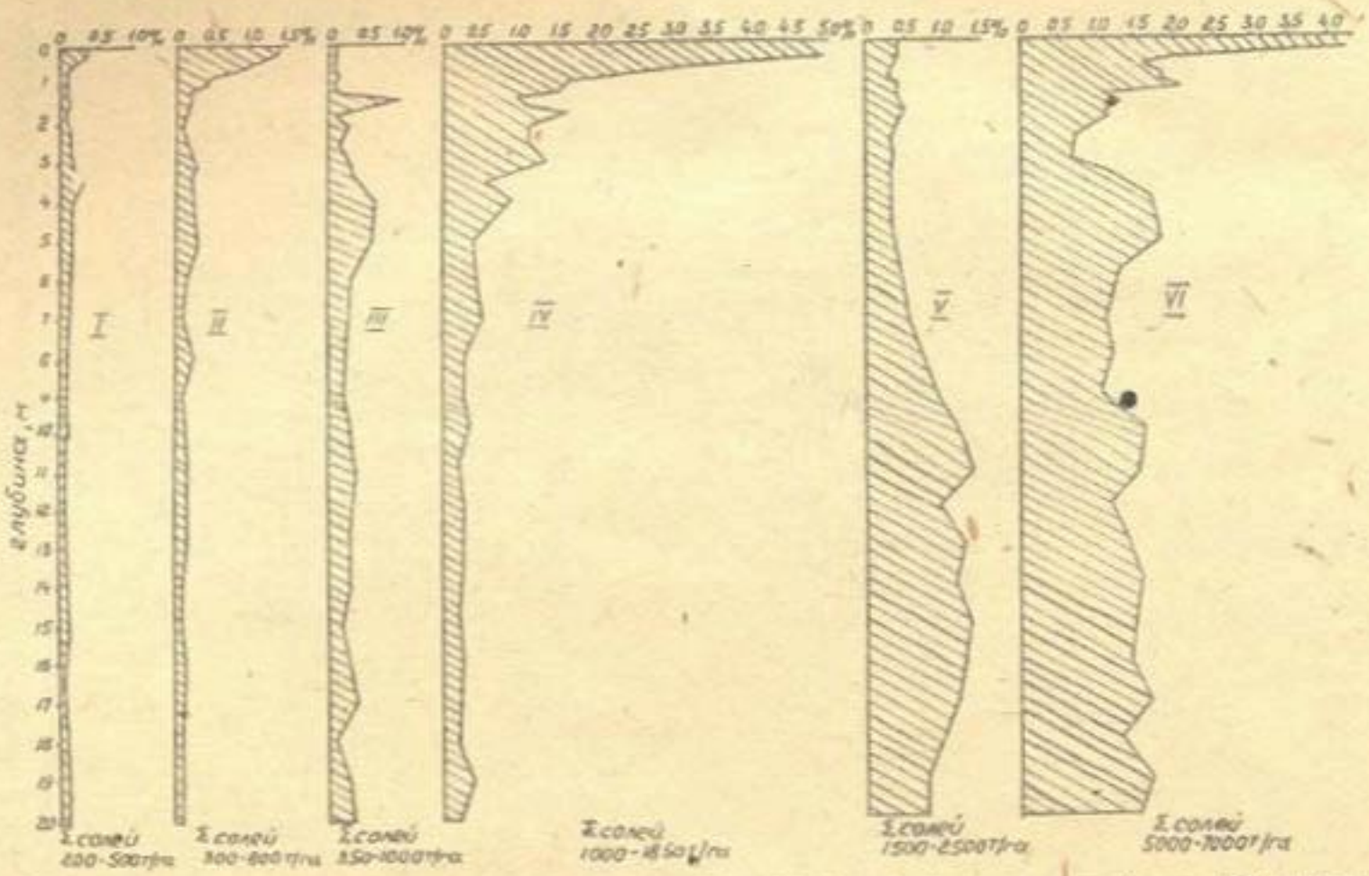


Рис.I. Основные типы солевых профилей Чимбайского района КК АССР (сумма солей в т/га дается на глубину 20 м).

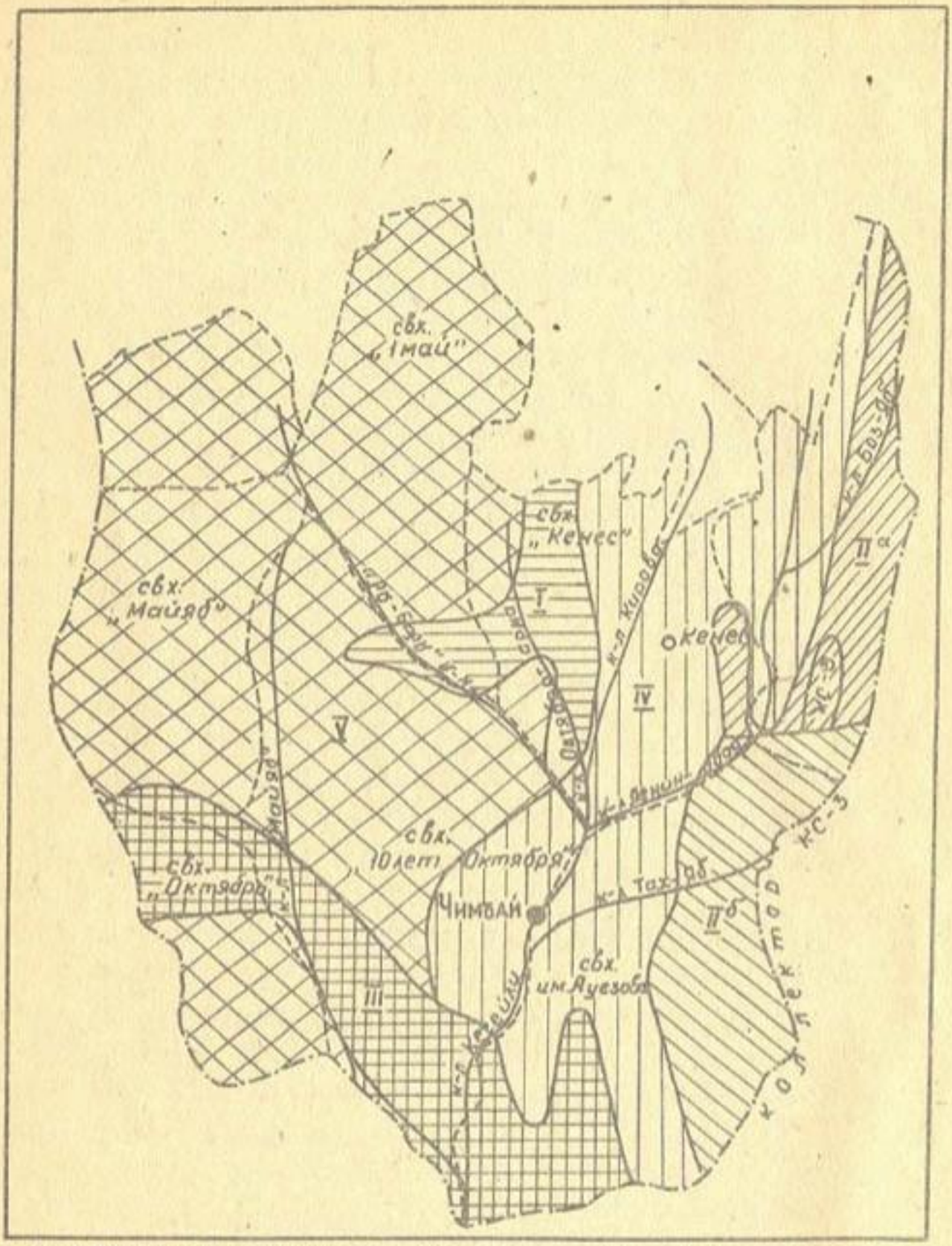


Рис.2. Схема районирования территории Чимбайского района по запасам солей в верхней части четвертичных отложений, 1970 г.

Экспликация к схеме районирования территории Чимбайского района по запасам солей в верхней части четвертичных отложений, 1970 г.

№ района	Основные обозначения	Площадь, га	Характерный тип		Грунтовые воды		Запасы легкорастворимых солей (т/га) в слое				
			солевой эпюры	литологического разреза	глубина, м	амплитуда колебаний, м	0–5 м	5–10 м	10–15 м	15–20 м	0–20 м
I		3404			1,9–2,5	1,1–2,7	103,0 / 63,8	114,4 / 73,2	116,5 / 73,2	176,4 / 135,8	510,3 / 352,7
II а		6815			2,6–2,7	4,7–15,4	154,0 / —	83,8 / —	60,6 / —	78,1 / —	377,1 / 258,4
II б		11985			2,9–2,9	0,8–14,2	391,2 / 234,6	108,3 / 61,6	72,9 / 44,5	76,9 / 46,4	647,3 / 388,4
III		13461			2,1–2,9	1,2–5,7	178,7 / 111,3	170,7 / 115,1	201,3 / 153,0	288,4 / 204,6	831,1 / 590,1
IV		31438			1,8–2,7	3,1–38,6	777,7 / 528,8	507,0 / 360,0	336,3 / 258,9	225,7 / 180,3	1844,1 / 1438,4
V		18250			1,7–2,8	3,8–37,6	539,5 / 339,9	577,6 / 375,4	647,0 / 498,2	686,9 / 522,0	2451,0 / 1715,7

В литологическом отношении территория этого района представлена покровными мелкоземами мощностью от 3 до 7 м, состоящими из супесей, суглинков и редко глин, которые подстилаются тонкозернистым песком.

Запасы легкорастворимых солей незначительны и на 20-метровую толщу не превышают 500-550 т/га. Распределение их по глубине более или менее равномерно и колеблется в пределах 20,2-22,8% и лишь на глубине 15-20 м возрастают до 34%. Это увеличение концентрации солей в песчаных горизонтах связано с перераспределением их из верхних слоев вниз под влиянием оросительных и промывных вод.

Отмечено, что концентрация токсичных солей с глубиной увеличивается. Так, в слое первом 0-5 м количество их составляет 62% от общих запасов, а каждая последующая пятиметровая толща соответственно 54, 73 и 77% (среднее на 20-метровую толщу - 69% или 352 т/га).

Уровень грунтовых вод залегает на глубине 1,9-2,5 м. Минерализация их невысокая и держится в пределах 1,17-2,73 г/л с хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным типом засоления (табл.1).

Принимая во внимание, что предел допустимости токсичных солей для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур составляет 0,15-0,20% (А.А.Сидько, 1970; Н.И.Базилевич, Е.И.Панкова, 1968 и др.), можно сказать, что территория этого района может быть освоена без капитальных затрат на мелиорацию земель.

Второй район, прилегающий к коллектору КС-3, характеризуется вторым типом солевой эпюры. Однако по степени засоленности он может быть подразделен на два подрайона (IIа и IIб).

В литологическом отношении район неоднороден. В северной его части (IIа) мощность покровных мелкоземов составляет 1-2,5 м, ниже которых залегают тонкозернистые пески. Южная часть района (IIб) характеризуется большей мощностью покровных отложений, которая достигает 8-14 м и представлена переслаивающимися суглинками, супесями и значительными прослойками глин (от 3 до 7-8 м). Последние в северной части района не встречаются.

Изменение литологического состава в сторону накопления тяжелых фракций способствовало концентрации легкорастворимых солей.

Таким образом, различие в литологическом строении, степени засоленности почво-грунтового профиля позволило нам разделить этот район на два подрайона, несмотря на аналогичный характер распределения солей.

Подрайон IIа (площадью 6815 га) характеризуется очень незначительным засолением на всю толщу в 20 м, где общие запасы легкорастворимых солей составляют всего 377 т/га. Максимальное скопление солей приурочено к верхней (0-5 м) толще - до 40,8% от общих запасов солей, т.е. 154 т/га, в том числе токсичных солей 104,7 т/га.

С 5 м и глубже распределение солей относительно равномерное и колеблется в пределах 16-22%.

Засоление хлоридно-сульфатное, в катионном отношении смешанное, при невысоком содержании натрия ($\frac{Na+K}{Ca+Mg} \approx 0,4-1,0$).

Уровень грунтовых вод залегает на глубине 2,6-2,7 м (июль) с минерализацией от 4,76 до 15,44 г/л. Наибольшая минерализация приурочена к целинным участкам, а также к скважинам, в литологическом разрезе которых встречаются глинистые прослойки, расположенные на глубине от 5 до 8 м.

В этих же случаях наблюдается повышенное содержание наиболее токсичных компонентов солей - хлора и натрия. Так, соотношение $SO_4 : Cl$ снижается от 1,2 (при малой минерализации грунтовых вод) до 0,58 (при повышении ее), а $\frac{Na+K}{Ca+Mg}$ соответственно увеличивается от 0,9 до 1,57 (табл.1).

Подрайон IIб (площадью 11985 га) характеризуется более высокой степенью засоленности почво-грунтового профиля, чем вышеописанный. Запасы солей на 20-метровую толщу составляют 647,3 т/га, из них 60% (388,4 т/га) падает на токсичные соли. Основная масса солей (60,3%) сосредоточена в верхней 5-метровой толще. Глубже засоление снижается и в каждой последующей пятиметровой толще содержится соответственно 16,5, 11,3 и 11,9% от общих запасов солей на толщу в 20 м.

Минерализация грунтовых вод в Чимбайском районе КК АССР

Таблица I

Район	Место взятия проб	Глубина взятия проб, м	Дата взятия	Плотный остаток, г/л	$CO_3^{''}$	$HCO_3^{'}$	$Cl^{'}$	$SO_4^{''}$	$Ca^{''}$	$Mg^{''}$	$Na^{+}+K^{+}$	В МЭКБ $\frac{SO_4}{Cl}$	В МЭКБ $\frac{Na+K}{Ca+Mg}$
I	Точка № 2	I,95	29/IУ-70	2,730	-	0,I83	0,680	0,992	0,260	0,I56	0,39I	I,07	0,66
	№ 69	2,I2	26/УI-70	I,I72	-	0,378	0,300	0,288	0,I00	0,060	0,246	0,7I	I,08
IIа	Точка № 52	2,73	I5/УI-70	7,932	0,0I2	0,342	I,920	3,264	0,540	0,492	I,394	I,25	0,90
	№ 78	2,67	26/УI-70	4,760	-	0,3I7	I,I20	I,I90	0,380	0,276	0,806	I,26	0,85
	№ 84	2,74	30/УI-70	I5,444	-	0,256	5,640	4,4I6	0,800	0,720	3,538	0,58	I,57
IIб	Точка № 48	2,69	I3/УI-70	0,904	0,009	0,348	0,230	0,I92	0,080	0,048	0,I95	0,62	I,07
	№ 49	2,50	I3/УI-70	2,660	-	0,207	0,700	I,008	0,200	0,I56	0,490	I,05	0,95
	№ 67	2,03	20/УI-70	2,9I2	-	0,5I2	0,520	I,I52	0,380	0,I56	0,350	I,63	0,48
	№ 77	2,98	25/УI-70	I4,265	0,0I8	0,439	4,580	4,4I6	0,700	0,840	2,9I0	0,7I	I,20
	№ 80	2,35	27/УI-70	3,6I6	-	0,354	0,840	I,632	0,240	0,2I6	0,775	I,43	I,I3
	№ 8I	2,50	27/УI-70	I,248	-	0,305	0,300	0,432	0,I00	0,048	0,3II	I,06	I,52
III	Точка № 58	2,07	I7/УI-70	I,232	-	0,220	0,320	0,384	0,I20	0,096	0,I54	0,88	0,48
	№ 64	2,87	I9/УI-70	2,532	-	0,366	0,580	0,960	0,260	0,I56	0,379	I,22	0,64
IУ	Точка № I	I,80	28/IУ-70	3,420	-	0,3I7	0,620	I,440	0,300	0,I68	0,550	I,7I	0,83
	№ 3	2,20	30/IУ-70	38,640	-	0,427	I4,500	II,040	0,640	I,920	I0,433	0,56	2,40
	№ 30	2,70	28/У -70	7,432	-	0,439	I,960	2,976	0,580	0,384	I,470	I,I2	I,05
	№ 3I	2,67	5/УI-70	22,460	-	0,598	7,540	7,440	0,560	I,380	5,433	0,72	I,67
	№ 39	2,43	9/УI-70	I6,2I6	-	0,403	5,520	5,280	0,700	0,768	3,98I	0,7I	I,77
	№ 42	2,54	I0/УI-70	5,640	-	0,720	I,240	2,0I6	0,360	0,324	I,0I4	I,20	0,99
	№ 46	2,06	I2/УI-70	32,752	-	0,366	II,920	8,640	0,920	0,420	I0,I32	0,53	5,49
	№ 55	2,00	I6/УI-70	I7,784	0,0I8	0,268	5,880	5,760	0,620	0,900	4,23I	0,72	I,77
	№ 56	2,I2	I6/УI-70	29,680	0,030	0,527	I0,500	8,640	0,600	I,224	3,2I3	0,60	2,54
	№ 75	2,59	24/УI-70	I4,828	-	0,I95	3,280	6,720	0,500	0,756	3,393	I,5I	I,70
	№ 76	2,66	25/УI-70	3,I36	-	0,342	0,660	I,296	0,200	0,I92	0,584	I,44	0,99
У	Точка № 32	2,59	6/УI-70	3,788	-	0,403	0,680	I,824	0,360	0,240	0,600	I,98	0,69
	№ 33	2,43	6/УI-70	7,460	-	0,45I	0,620	4,704	0,460	0,564	I,228	5,59	0,77
	№ 43	2,77	II/УI-70	37,676	-	0,720	I5,050	9,600	0,920	2,268	9,28I	0,47	I,74
	№ 82	I,70	29/УI-70	2I,744	0,0I2	0,55I	7,880	6,480	0,760	I,II6	5,2I6	0,6I	I,74
	№ 83	2,80	29/УI-70	I6,772	0,024	0,720	3,600	7,392	0,480	I,020	3,702	I,5I	I,48

Распределение запасов токсичных солей по профилю относительно равномерное и колеблется в пределах 58-63% от общих запасов.

Тип засоления в основном хлоридно-сульфатный. В катионной части смешанный, но встречаются прослойки с повышенным содержанием натриевых солей, где количества их выше суммы кальция и магния в I,5 раза.

Уровень грунтовых вод колеблется в пределах 2,0-2,9 м с минерализацией от 0,9 до I4,26 г/л. Последняя минерализация наблюдается лишь по одной точке (77), которая расположена на целинном участке, а мощность покровных мелкоземов, достигающая I2 м, представлена в основном глинистыми отложениями. Тип минерализации грунтовых вод - хлоридно-сульфатный, реже сульфатно-хлоридный, в катионном отношении - смешанный.

В мелиоративном отношении эти два подрайона характеризуются также различно. Подрайон Па имеет более благоприятные условия для выделывания сельскохозяйственных культур. Близость коллектора КС-3, относительно легкое сложение почвогрунтов вполне обеспечат условия для дальнейшего опреснения почво-грунтов при промывном режиме орошения без дополнительного строительства коллекторно-дренажной сети.

Южная часть района (Пб) менее благоприятна в мелиоративном отношении. Наличие солевого максимума особенно высокой концентрации токсичных солей в поверхностных горизонтах почво-грунтов (до 60%) отрицательно скажется на росте и развитии сельскохозяйственных культур. Для устранения отрицательных свойств почво-грунтов данного района необходимо ликвидировать поверхностный солевой максимум, что может быть достигнуто путем проведения ежегодных профилактических промывок на фоне редкой коллекторно-дренажной сети.

Район Ш (I346I га) по характеру распределения солей неоднороден и характеризуется в основном вторым и реже третьим типом солевой эпюры.

В литологическом отношении описываемая территория также несколько неоднородна. Мощность покровных мелкоземов варьирует в широких диапазонах. Так, в некоторых скважинах она состав-

ляет всего I м, а глубже залегают мелкозернистые пески, в других же эти пески прослеживаются лишь в виде небольших прослоек, а основным фоном служат мелкоземистые отложения, состоящие из суглинков, супесей, глин.

Запасы легкорастворимых солей на глубину 20 м небольшие и составляют в среднем 830 т/га, из них 590,I т/га (7I%) приходится на токсичные соли.

Распределение солей по профилю неравномерное. Максимум их (до 34%) приурочен к глубине I5–20 м, выше на каждые 5 м приходится по 20-24%.

Аналогичное распределение наблюдается и по запасам токсичных солей, т.е. наибольшая концентрация в глубинных горизонтах и некоторое снижение их в поверхностных слоях. Так, для верхнего слоя в 5 м содержание их составляет 63% от общих запасов легкорастворимых солей (III,3 т/га), в последующей 5-метровой толще (5–I0 м) - 68% (II6,I т/га), а на глубине I5-20 м – 76% (204,6 т/га).

Однако верхняя метровая толща почво-грунтов имеет относительно высокий процент как общих, так и токсичных запасов солей (63% П тип эпюры), в результате чего в корнеобитаемом слое почво-грунтов количество токсичных солей превышает предел допустимого в I,8 раза (табл.2), глубже этого слоя запасы солей ниже порога токсичности.

Тип засоления почво-грунтов хлоридно-сульфатный, в катионном отношении – смешанный.

Уровень грунтовых вод (на май-июнь месяцы) залегает на глубине 2,I-2,9 м. Минерализация их I,2-5,7 г/л хлоридно-сульфатного типа.

В мелиоративном отношении район не вполне благоприятен из-за солевого максимума в корнеобитаемом слое. Для оздоровления этих земель необходимо опреснить верхний метровый слой путем проведения профилактических промывок. Мощность коллекторно-дренажной сети при этом должна быть рассчитана на отвод 23I,7 тыс.тонн токсичных солей со всей территории района, или I7,2 т/га.

Район IУ (3I438 га) характеризуется четвертым либо пятым типом солевой эпюры. Последний, однако, встречается редко.

Послойное распределение запасов почво-грунтов по

Район	Площадь, га	0-1 м: общий запас токсичные соли	0-1 м: допустимое	0-1 м: подлежащее удалению	0-2 м: общий запас токсичные соли	0-2 м: допустимое	0-2 м: подлежащее удалению	0-2 м: общий запас токсичные соли
I	8404	289,9 / 176,8	176,4	0,4	432,8 / 269,3	504,2	-	558,0 / 357,1
Па	6815	419,1 / 251,5	143,1	108,4	567,7 / 380,3	408,9	-	738,1 / 494,5
Пб	11985	2730,2 / 1720,0	251,7	1468,3	3450,1 / 2208,1	719,1	1489,0	3968,2 / 2460,3
Ш	13461	803,9 / 514,4	282,7	231,7	1187,3 / 783,6	807,7	-	1588,4 / 1056,6
IУ	31438	7601,7 / 5017,1	660,2	4356,9	12556,3 / 8412,7	1886,9	6525,8	16904,2 / 11494,8
У	38250	6854,4 / 4523,9	803,2	3720,7	9324,5 / 5967,7	2295,0	3672,7	14894,5 / 9383,5
Всего по массиву	110353	18743,7 / 12203,8	2317,3	1988,6	27518,7 / 18021,7	6621,8	11399,9	38651,4 / 25246,8

Примечание. Допустимое по токсичным солям для 1-метро

Таблица 2

солей в верхней 20-метровой толще выделенным районам (тыс.тонн)

0-3 м: допустимое	0-3 м: подлежащее удалению	0-5 м: общий запас токсичные соли	0-5 м: допустимое	0-5 м: подлежащее удалению	0-20 м: общий запас токсичные соли	0-20 м: допустимое	0-20 м: подлежащее удалению
754,6	-	862,6 / 543,9	1260,6	-	4288,6 / 2658,9	5042,4	-
613,3	-	1049,5 / 713,7	1022,2	-	2568,8 / 1756,8	4089,0	-
1078,6	1381,7	4688,5 / 2813,1	1797,7	1015,4	7757,9 / 4732,3	7191,0	
1211,5	-	2378,5 / 1498,4	2019,1		11187,4 / 7271,8	8076,6	
2829,4	8665,4	24449,8 / 16625,5	4715,7	11909,8	57974,8 / 40582,4	18868,8	21713,6
3442,5	5941,0	20635,9 / 13000,6	5737,5	7263,1	93740,7 / 63743,7	22950,0	40793,7
9931,7	15315,1	54067,3 / 35195,2	16552,8	18642,8	177518,2 / 120745,9	66217,8	54527,1

вого слоя - 0,15%, глубже - 0,20%.

В литологическом отношении район неоднороден. В северной части мощность покровных отложений составляет 5-10 м, их подстилают тонкозернистые пески.

В южной части района мощность покровных отложений возрастает до 15-20 м и представлена в основном прослойками супесей, суглинков, значительными отложениями глин и маломощными прослойками песков.

Засоленность почво-грунтов в этом районе значительно выше предыдущих и на толщу в 20 м составляет 1844,1 т/га при очень неравномерном распределении их по профилю.

Максимальные запасы солей (до 42%) приурочены к первым пяти метрам, глубже засоленность снижается и на глубине 15-30 м их содержится всего 12%. Запасы токсичных солей составляют 68-77% от общих запасов легкорастворимых солей. Максимальные количества сосредоточены на глубине 10-15 м и в среднем на 20-метровую толщу их приходится до 72%, или 1438,4 т/га от общих запасов.

Почво-грунты в основном имеют хлоридно-сульфатный тип засоления. Однако довольно часто (в виде прослоек) прослеживается сульфатно-хлоридный тип. В катионной части, наряду с высоким содержанием кальция и магния, также встречаются горизонты с высоким содержанием натрия, иногда превышающего сумму кальция и магния в 2-3 раза.

Уровень грунтовых вод залегает на глубине 1,8-2,7 м (май-июнь) с очень пестрой минерализацией - от 3,13 до 38,64 г/л (табл.1). Наименьшая минерализация и в этом районе отмечается на орошаемых землях, а более высокая (до 14,82-38,64 г/л) - на целинных участках.

В зависимости от степени минерализации грунтовых вод меняется и состав содержащихся в них солей. Так, при наименьшей минерализации в составе солей преобладают сульфаты и воды носят хлоридно-сульфатный тип засоления с небольшим содержанием натриевых солей. С увеличением степени минерализации возрастает роль хлор-иона и содержание натрия, который превышает сумму кальция и магния в 2-5 раз. Земли данного района не могут быть освоены без проведения комплекса специальных гидро-

технических и агромелиоративных мероприятий, направленных на опреснение поверхностных горизонтов почво-грунтов и грунтовых вод. Для этого необходимы промывки, промывной режим орошения и строительство густой коллекторно-дренажной сети для отвода из верхней толщи - I-2 и до 4356,9-6525,8 тыс.т солей - со всего массива (I38,5-207,5 т/га).

Район У (38250 га) характеризуется пятым и частично шестым типом солевой эпюры.

В литологическом отношении территория района неоднородна: северная ее часть представлена более тяжелыми отложениями, чем южная. В первом случае бурением на 20 м не были обнаружены мощные прослойки песков. В основном это покровные мелкоземы мощностью 7-8 м, состоящие из супесей (0,2-I,0 м), суглинков, подстилаемых глиной, иногда с небольшими прослойками песка. В южной части массива среди мелкоземистых отложений встречаются песчаные прослойки мощностью до 3-7 м.

Общие запасы легкорастворимых солей здесь очень велики и на 20-метровую толщу почво-грунтов составляют 2451,0 т/га, 70% из них (I715,7 т/га) падает на запасы токсичных солей.

Распределение солей по профилю относительно равномерно с очень незначительной концентрацией их в глубинных горизонтах: в верхней 5-метровой толще их 22%, а на глубине I5-20 м - до 28%.

В отношении распределения запасов токсичных солей наблюдается аналогичная картина: в верхнем метровом слое они превышают предел допустимого в 5,6 раза, а глубже на всю толщу покровных отложений - в 2,7.

По типу засоления почво-грунты в основном сульфатно-хлоридные, а на целинных участках прослеживаются горизонты с хлоридным типом. В отношении катионов ярко выраженной закономерности не наблюдается, так как даже в пределах одной точки наряду с кальциево-магниевым засолением встречаются горизонты с высоким содержанием натрия, где соотношение $\frac{Na+K}{Ca+Mg}$ достигает 2,5-3,5.

Уровень грунтовых вод залегает на глубине I,7-2,8 м с очень пестрой минерализацией - от 3,78 до 37,67 г/л. Макси-

мальная минерализация приурочена к целинным участкам. Тип минерализации хлоридно-сульфатный, редко сульфатно-хлоридный.

В мелиоративном отношении массив является наиболее тяжелым из всех выделенных районов. Высокое содержание токсичных солей, особенно в поверхностных горизонтах, тяжелые условия литологического строения территории требуют больших капитальных затрат при их освоении. Для этой цели необходимы капитальные промывки высокой нормой с целью опреснения всей зоны аэрации (порядка 3 метров). Промывки необходимо проводить на фоне мощной коллекторно-дренажной сети, объем которой должен быть рассчитан на отвод до 5,941 тыс.т солей со всего массива (из них 155,3 т/га токсичных). В дальнейшем на освоенной территории необходимо поддерживать промывной режим орошения.

Выводы

1. Литологическое строение почво-грунтов территории Чимбайского района КК АССР неоднородно: северная и восточная части ее, прилегающие к коллектору КС-3, имеют сравнительно небольшую мощность покровных отложений (3-7 м), глубже которых залегают тонкозернистые пески.

Юго- и юго-восточная части характеризуются более тяжелыми условиями литологического строения. Мощность покровных отложений здесь возрастает до 15-20 м, а пески встречаются лишь в виде прослоек мощностью 3-7 м.

Наиболее тяжелые условия наблюдаются в северо-западной части массива, где песчаные прослойки либо вообще отсутствуют, либо встречаются в виде отдельных прослоек мощностью до 1 м и менее.

2. По запасам легкорастворимых солей в верхней толще четвертичных отложений территория обследованного района также неоднородна.

Менее засоленные и, следовательно, более пригодные под сельскохозяйственное использование - земли I и IIа районов (15219 га), при освоении которых потребуются лишь профилактические мероприятия, направленные на некоторое снижение запа-

сов токсичных солей в корнеобитаемом слое и сохранение опресненных поверхностных горизонтов.

Наиболее тяжелыми в мелиоративном отношении являются земли IУ и У районов (69688 га), где для нормального возделывания хлопчатника потребуется специальный комплекс агромелиоративных мероприятий, направленных на опреснение поверхностных горизонтов почво-грунтов и грунтовых вод, а следовательно большие капитальные затраты на проведение промывок и строительство густой коллекторно-дренажной сети.

3. В почво-грунтах названного выше массива накоплены огромные запасы легкорастворимых солей, которые отрицательно сказываются на росте и развитии сельскохозяйственных культур. В 20-метровой толще почво-грунтов количество их составляет I775I8200 т, из них I20745900 т (68%) приходится на запасы токсичных солей (табл.2).

Если учесть, что предел допустимого для всей территории составляет 66217800 т солей (на толщу 20 м), то окажется, что 54527I00 т из них являются лишними для растений и поэтому подлежат удалению.

Однако для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур достаточно опреснить лишь верхний I-2-метровый слой почво-грунтов.

Для этой цели со всего массива необходимо вывести за пределы района II399900 т токсичных солей (I03 т/га).

Объем мелиоративных мероприятий в зависимости от запасов накопленных в них солей должен быть строго дифференцирован по выделенным нами районам.

ЛИТЕРАТУРА

I. Базилевич Н.И. и Панкова Е.И. Инструкция по учету засоленных почв, ММиВХ СССР, М., I968.

2. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв, т.I, Изд-во АН СССР, I946.

3. Курманов А.Н. Засоление и заболачивание земель в дельте р.Амударья, Изд-во "Каракалпакия", Нукус, I966.

4. Сидько А.А. Предел вредности солей и эффективная глубина рассоления почв при капитальных промывках, Почвоведение, М., I970, № 7.

Р Е Ф Е Р А Т Ы

к вып.132 Трудов САНИИРИ им.В.Д.Журина
(Мелиорация земель), 1971 г.

УДК 631.6

КРАТКИЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СОВХОЗЕ "ПАХТААРАЛ" (1961-1969 гг.)

Х.ЯКУБОВ, Л.КОРЕЛИС
Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

Работа дренажа показала наличие высокой гидравлической связи между грунтовыми и подземными водами. Фактическая среднегодовая скорость снижения грунтовых вод - 0,015-0,020 м/сутки. Рассоляющий расход системы при этом достигал 3-4 тыс.м^3/га в год, что составляет 0,12-0,16 л/сек/га.

Вынос вредных солей из почво-грунтов зоны аэрации при работе дренажа, промывок и орошения достигал 20-40 т/га в год или 25-30% от количества подлежащих удалению.

Опыты показали возможность широкого использования откачиваемых слабоминерализованных вод на промывку засоленных земель и на выращивание хлопчатника.

Накопленные материалы по режиму грунтовых и напорных вод, водно-солевого баланса территории, промывкам засоленных земель, режиму орошения и других позволили разработать оптимальный режим эксплуатации системы, который выражается 8-10 месяцами работы ее на полной мощности.

Предварительный анализ технико-экономических показателей системы показывает, что годовой валовой экономический эффект составляет 134 руб/га валовой площади. Срок окупаемости системы при этом составляет 5 лет.

Таблиц 12.

УДК 631.6:626.8

О ВЕЛИЧИНЕ ПРОМЫВНЫХ НОРМ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГИПСИРОВАННЫХ ПОЧВ

Х.ЯКУБОВ, О.М.БЕЛОУСОВ, Д.А.ИКОНОМУ
Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

Данная статья посвящена апробации эмпирических формул для определения промывных норм в условиях сильногипсирован-

ных почв и обеспеченного водоотвода. Определены параметры формул В.Р.Волобуева и П.С.Панина, указаны границы применимости этих формул, даны зависимости для вычисления эмпирических коэффициентов по данным промывок.

Таблиц 3. Рисунков 2.

УДК 626.8

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БАЛАНСОВЫХ И ДРУГИХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СВЯЗИ С СОСТАВЛЕНИЕМ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

М.И.КАПЛИНСКИЙ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье рассматриваются принципиальные основы балансовых и других исследований, необходимых для обобщения "Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов". Детальное содержание исследований показано на примере Чуйской впадины Киргизской ССР.

В связи с развертыванием работ по составлению "Генсхемы..." на 2000 год статья имеет актуальное значение для работников проектных и научных организаций водного хозяйства и смежных отраслей.

Таблица I.

УДК 626.8

ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

М.И.КАПЛИНСКИЙ, В.И.КОСТЮК

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В работе рассматриваются вопросы организации, содержание балансовых исследований и пути определения элементов баланса почвенных и грунтовых вод.

Рекомендуемые методы предлагаются как на основании обобщения опыта многочисленных научных учреждений (в первую очередь ГГИ и ВСЕГИНГЕО), так и на основе широкого комплекса балансовых исследований, проводимых отделом регулирования водного и солевого балансов КиргНИИВХ с 1958 г. в Чуйской впа-

дине Киргизской ССР. При этом отбирались проверенные методы, наиболее применимые для решения чисто производственных задач.

Таблиц 2, Рисунков 5.

УДК 626.8

КРИТИЧЕСКАЯ ГЛУБИНА ГРУНТОВЫХ ВОД И НОРМА ОСУШЕНИЯ

И.А.ЕНГУЛАТОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

При рекомендациях размеров критической глубины грунтовых вод даны следующие положения: соблюдение условия оптимального увлажнения активного слоя почво-грунта; то же оптимального засоления, стимулирующего нормальное развитие сельхозкультур; недопущение непродуктивного расходования грунтовых вод на испарение; установление размеров дефицита в воде по системе, вызванного с понижением грунтовых вод.

Для каждого случая разработаны расчетные зависимости, облегчающие установление размеров критической глубины грунтовых вод или нормы осушения.

Таблица I.

УДК 626.86

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ ИХ РАБОТЫ

И.А.ЕНГУЛАТОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

На примере двух межхозяйственных оросительных каналов Ферганской области, работающих на неустановившемся режиме, разработана методика исследования фильтрационных потерь.

Выведенные зависимости позволяют также откорректировать материалы по потерям, накопленные в эксплуатационной гидрометрии.

Таблица I.

УДК 626•8

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЧЕРЕЗ ПОСЕВЫ КУЛЬТУРЫ РИСА

А.РАМАЗАНОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье, на основе анализа результатов исследований, проведенных в Голодной степи и Северной Мугани, и имеющихся материалов, рассматриваются: вопросы использования подаваемой на рисовые поля воды в орошаемой зоне; мелиоративная эффективность возделывания риса при наличии дренажа, влияние длительного затопления рисового поля на водно-солевой режим прилегающих земель и изменения показателей плодородия почвы при рисосеянии.

Таблиц 8. Рисунков 4.

УДК 626.8

О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ОБСЫПОК СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Х.ЯКУБОВ, С.С.ХОДЖАЕВ, А.АБИРОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье дается анализ материалов по подбору состава обсыпок для скважин вертикального дренажа Голодной степи. Приводится уточнение районирования вертикального дренажа Голодной степи, предложенного Н.М.Решеткиной, по удельным дебитам, глубинам скважин, типам, размерам и длинам фильтров и т.д.

Для характерных водоносных грунтов Голодной степи делается подбор обсыпок по методикам ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева (А.Н.Патрашева) и САНИИРИ с установлением критериев суффозионности, кольматируемости, просыпаемости и т.д.

Подобранный состав обсыпки сравнивался с примененным в натуре и сделан вывод о том, что примененный в большинстве скважин состав обсыпки практически не обеспечивает нормальной (без выноса частиц) работы скважин.

Категория грунтов была проверена по способам ВНИИГ и БелНИИМиВХ, однако существенных расхождений между ними не обнаружено.

В результате проведенных сравнительных расчетов состава обсыпок по методикам ВНИИГ и САНИИРИ доказана возможность приемлемости методики ВНИИГ к расчетам обсыпок скважин вертикального дренажа.

Таблиц 4, Рисунок I.

УДК 631.8

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬТРОВ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

А.АБИРОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье изложены результаты опытных работ, проведенных САНИИРИ с Узгипроводхозом на Шурузякском и Сардобинском массивах Голодной степи для разработки рациональных конструкций фильтров и технологии строительства скважин вертикального дренажа.

Исследованиями установлено, что гравий, примененный в качестве обсыпок для скважин Шурузякского массива, не содержал в достаточном количестве фракций (I-5 мм), необходимых для формирования фильтра, тем самым не соответствовал рекомендациям САНИИРИ, Узгипроводхоза.

Опыты, проведенные на Сардобинском массиве, показали, что применение в качестве обсыпки смеси Бекабадского гравия с Джумминским песком, исключает пескование, однако, при этом отмечается снижение удельного дебита.

Наиболее рациональным методом строительства вертикального дренажа в тонко- и мелкозернистых грунтах является способ проходки скважин станками ФА-I2. Бурение скважин станками УРБ-3АМ желательно производить в водоносных грунтах, представленных средне- и крупнозернистыми песками.

Таблиц 9. Рисунков 2.

УДК 631.8

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛИГОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ

И.УСМАНОВ, Ю.ШАМУРАТБЕКОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье приводятся результаты заводского изготовления и укладки в производственных условиях пористых дренажных труб, получаемых из пластораствора на мономере ФА с отходами дифенильной смолы и раствора на глиноземистом цементе. Описывается последовательность процесса формовки труб и дается технологическая схема полигона для изготовления пористых дренажных труб.

Таблиц 4. Рисунок 1.

УДК 631.8

О СПОСОБАХ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ В ЦЕЛЯХ РАССОЛЕНИЯ

Х.А.КАДЫРОВ, Л.М.ЯРОШЕЦКИЙ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье изложено о сложившемся в настоящее время положении с режимами работы установок и вопросами управления системами вертикального дренажа в целях рассоления засоленных земель.

Рассмотрен вертикальный дренаж как объект управления, произведен анализ рекомендованных САНИИРИ режимов откачек на опытно-производственных участках, освещены некоторые проектные решения по режимам работы и управлению системами вертикального дренажа.

Приводятся соображения о необходимости управления системами вертикального дренажа в целях рассоления - в зависимости от параметров, характеризующих протекание самого процесса рассоления, с учетом вопросов организации эксплуатации этих систем и о научных исследованиях, которые необходимо выполнить для этой цели.

Рисунков 5.

УДК 631.8

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВО-ГРУНТОВ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СОВХОЗЕ "СОЦИАЛИЗМ" (Шурузякское понижение Голодной степи)

Д.ИКОНОМУ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В статье изложены результаты исследований водно-физических свойств почво-грунтов на опытно-производственном участке вертикального дренажа, как основные параметры для определения промывных норм при освоении и рассолении засоленных земель.

Таблиц 3. Рисунок 1.

УДК 631.8

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ИСПАРЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

И.А.ЕНГУЛАТОВ, В.Г.СЕЛИВЕРСТОВА

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В работе теоретическим путем выведена расчетная формула по определению общего испарения и грунтовых вод. На фактическом материале приводится метод корректирования входящих в формулу параметров.

В результате обобщения значительного фактического материала по староорошаемой зоне Голодной степи авторами откорректированы параметры и дана формула расчета испарения для данных условий.

Таблица 1.

УДК 631.8

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ ПОЧВО-ГРУНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧИСБАЙСКОГО РАЙОНА КК АССР

З.П.ПУШКАРЕВА, А.МУСАХАНОВ

Труды САНИИРИ, вып.132, 1971

В работе излагаются закономерности распределения легкорастворимых солей по почво-грунтовому профилю верхней части четвертичных отложений Чимбайского района КК АССР. Выделено шесть характерных для района типов солевых профилей и пять мелиоративных районов с различной степенью и типом засоления почво-грунтов. Для каждого выделенного района приводится литологическое строение почво-грунтов, уровень и степень минерализации грунтовых вод, послойные запасы солей (в том числе запасы токсичных для растений солей).

Таблиц 2. Рисунков 3.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

Х.ЯКУБОВ, Л.КОРЕЛИС. Краткие итоги исследования системы вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" (1961-1969 гг.)..... 3

Х.ЯКУБОВ, О.М.БЕЛОУСОВ, Д.А.ИКОНОМУ. О величине промывных норм в условиях сильногипсированных почв..... 30

М.И.КАПЛИНСКИЙ. Принципиальные основы балансовых и других водохозяйственных исследований в связи с составлением "Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов"..... 49

М.И.КАПЛИНСКИЙ, В.И.КОСТЮК. Изучение водного баланса орошаемых земель..... 66

И.А.ЕНГУЛАТОВ. Критическая глубина грунтовых вод и норма осушения..... III

И.А.ЕНГУЛАТОВ. Исследования фильтрационных потерь на оросительных каналах при неустановившемся режиме их работы..... II9

А.РАМАЗАНОВ. Некоторые вопросы промывки засоленных земель через посевы культуры риса..... I28

Х.ЯКУБОВ, С.С.ХОДЖАЕВ, А.АБИРОВ. О методах расчета обсыпок скважин вертикального дренажа..... I55

А.АБИРОВ. Производственные исследования конструкции фильтров и технологии строительства скважин вертикального дренажа в Голодной степи..... I77

И.УСМАНОВ, Ю.ШАМУРАТБЕКОВ. Технологическая схема полигона для изготовления пористых дренажных труб... 208

Х.А.КАДЫРОВ, Л.М.ЯРОШЕЦКИЙ. О способах управления вертикальным дренажем в целях рассоления..... 2II

Д.ИКОНОМУ. Водно-физические свойства почво-грунтов опытно-производственного участка вертикального дренажа в совхозе "Социализм" (Шурузякское понижение Голодной степи)..... 235

И.А.ЕНГУЛАТОВ, В.Г.СЕЛИВЕРСТОВА. Упрощенный метод расчета испарения грунтовых вод..... 245

З.П.ПУШКАРЕВА, А.МУСАХАНОВ. Некоторые особенности формирования солевого профиля почво-грунтов верхней части четвертичных отложений Чимбайского района КК АССР..... 253
Рефераты к выпуску 132 Трудов САНИИРИ..... 270